

Ympäristön säteilyvalvonta Suomessa

Vuosiraportti 2015

Pia Vesterbacka (toim.)



Strålningsövervakning av miljön i Finland

Årsrapport 2015

Surveillance of Environmental Radiation in Finland

Annual Report 2015

Ympäristön säteilyvalvonta Suomessa

Vuosiraportti 2015

Pia Vesterbacka (toim.)



Strålningsövervakning av miljön i Finland

Årsrapport 2015

Surveillance of Environmental Radiation in Finland

Annual Report 2015

Taitto/Layout:
Grano

ISBN 978-952-309-328-7 (pdf)
ISSN 2243-1896

VESTERBACKA Pia (toim.). Ympäristön säteilyvalvonta Suomessa. Vuosiraportti 2015. STUK-B 204. Helsinki elokuu 2016. 86 s. + liitteet 1 s.

Avainsanat: : säteilyvalvonta, ulkoinen säteily, ilma, laskeuma, vesi, maito, elintarvikkeet, ihminen, sisäilman radon

Esipuhe

Ympäristön säteilyvalvontaa tehdään, jotta viranomaisilla ja kansalaisilla on reaaliaikainen tieto elinympäristön radioaktiivisuudesta ja sen säteilysuojelullisesta merkityksestä. Ohjelma on suunniteltu siten, että sen avulla voidaan havaita radioaktiivisuuden muutokset ympäristössä ja reagoida muutoksiin sekä arvioida ihmisen saamia säteilyannoksia ja suunnitella ja neuvoa toimenpiteitä annosten pienentämiseksi. Säteilyvalvontaohjelman avulla ylläpidetään asiantuntemusta ja valmiutta reagoida nopeasti ja oikein poikkeaviin säteilytilanteisiin.

Tämä raportti sisältää yhteenvedon ympäristön säteilyvalvonnan tuloksista vuonna 2015 sekä vertailuja aikaisempien vuosien tuloksiin. Ympäristön säteilyvalvontaan kuuluu keinotekoisien säteilyn ja keinotekoisien radioaktiivisten aineiden valvonta ympäristössä. Luonnonsäteily ja luonnon radioaktiiviset aineet kuuluvat valvontaohjelman piiriin kaudella 2014–2017, koska valtaosa väestön säteilyaltistuksesta saadaan luonnonsäteilystä. Vuodesta 2014 lähtien luonnon radioaktiivisten aineiden aktiivisuuspitoisuuksia on määritetty talousvedestä, pintavedestä, maidosta ja elintarvikkeista. Luonnon radioaktiivisten aineiden tulokset raportoidaan vuoden 2017 vuosiraportoinnin yhteydessä. Lisäksi ohjelmaan kuuluu 5–10 vuoden välein tehtäviä aihekohtaisia selvityksiä.

Suomessa valtakunnallisesta ympäristön säteilyvalvonnasta vastaa Säteilyturvakeskus. Valvontavelvoite perustuu STUKista annettuun asetukseen ja säteilyasetukseen. Myös Euratom-sopimus velvoittaa Euroopan Unionin jäsenmaita valvomaan jatkuvasti radioaktiivisuuden tasoja ilmassa, vedessä ja maaperässä. STUKin lisäksi myös Ilmatieteen laitos ja puolustusvoimat seuraavat omilla havaintoasemillaan säteilyn esiintymistä ympäristössä. Säteilyturvakeskuksen Ympäristön säteilyvalvonta ja valmius -osasto (VALO), on FINAS-akkreditointipalvelun akkreditoima testauslaboratorio T167 (akkreditointistandardi EN ISO/IEC 17025:2005) testausalana Säteilyturvallisuustestaus ja siihen liittyvä ympäristönäytteenotto. Lähes kaikki STUKin tekemät ympäristön säteilyvalvontaan liittyvät analyysit on tehty akkreditointivaatimusten mukaisesti.

Säteilyturvakeskuksen yhteistyökumppanit ympäristön säteilyvalvonnassa keräävät ja toimittavat näytteitä analysoitaviksi, osallistuvat ihmisten säteilymittauksiin tai vastaavat keräysasemien toiminnasta. Säteilyturvakeskus kiittää hyvää yhteistyöstä ulkoisen säteilyn valvontaverkon asemien hoitajia sekä seuraavia yhteistyökumppaneita: Puolustusvoimat, Ilmatieteen laitos, Arktinen keskus, Kaakkois-Suomen rajavartiosto, Lapin rajavartiosto, Kotkan pelastuslaitos, Kaakkois-Suomen ELY-keskus, Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus, Lapin ELY-keskus, Varsinais-Suomen ELY-keskus, Oulun Vesi, Turun vesilaitos, Valio Oy, HUS Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri/Kätilöopiston sairaala/Ravioli, Tampereen yliopistollinen (keskus)sairaala, Lapin keskussairaala, Helsingin seudun ympäristöpalvelut, Helsingin Yhteislyseo, Hatanpään yläaste ja lukio, sekä Rovaniemen koulutoimi/Korkalovaaran yläaste ja Lyseonpuiston lukio. Säteilyvalvonnan sidosryhmille tehty kyselyt ovat osoittaneet, että sidosryhmät ovat varsin tyytyväisiä säteilyvalvonnan toteutukseen ja tulosten raportointiin.

Raportin tarkoituksena on antaa tietoa ympäristön säteilytilanteesta Suomessa kaikille asiasta kiinnostuneille. STUK toimittaa säännöllisesti valvontatietoja myös Euroopan komissiolle ja tämä raportti on yhteenveto komissiolle toimitetuista tiedoista. Raportti on myös löydettävissä Säteilyturvakeskuksen kotisivuilta osoitteessa: www.stuk.fi.

VESTERBACKA Pia (ed.). *Strålningsövervakning av miljön i Finland. Årsrapport 2015. STUK-B 204. Helsingfors augusti 2016. 86 s. + bilagor 1 s.*

Nyckelord: strålningsövervakning, yttre strålning, luft, nedfall, vatten, mjölk, livsmedel, människa, radon i inomhusluften

Förord

Huvudsyftet med övervakningen av strålning i miljön är att ge myndigheter och befolkningen realtidsinformation om strålningen i livsmiljön och dess betydelse för strålskyddet. Programmet är upplagt så att man med hjälp av det kan upptäcka förändringar av radioaktiviteten i miljön och reagera på dessa samt uppskatta de strålningsdoser som människor utsätts för och planera och ge råd om hur doserna kan minskas. Med hjälp av programmet för strålningsövervakning upprätthålls expertis och beredskapen att snabbt och korrekt reagera på avvikande strålningssituationer.

Rapporten innehåller ett sammandrag av resultaten från 2015 års strålningsövervakning samt några jämförelser med tidigare år. Övervakningen av strålning i miljön innefattar övervakning av artificiell strålning och artificiella radioaktiva ämnen i miljön. Naturlig strålning och naturliga radioaktiva ämnen hör till övervakningen inom detta program i perioden 2014–2017, eftersom den största delen av befolkningens strålningsexponering kommer från den naturliga strålningen. Från år 2014 har naturliga radioaktiva ämnen bestämts i ytvatten, dricksvatten, mjölk och livsmedel. Resultaten för de naturliga radioaktiva ämnena publiceras i samband med årsrapporten 2017. I programmet ingår dessutom särskilda projekt som genomförs med 5–10 års mellanrum.

I Finland ansvarar Strålsäkerhetscentralen för övervakningen av strålning i miljön på riksnivå. Skyldigheten baserar sig på förordningen om strålsäkerhetscentralen och förordningen om strålskydd. Även Euratomfördraget förpliktar medlemsländerna i Europeiska unionen att fortlöpande övervaka radioaktivitetsnivåerna i luft, vatten och jordmån. Förutom STUK övervakar också Meteorologiska institutet och Försvarsmakten förekomsten av strålning i miljön vid sina egna mätstationer. Strålsäkerhetscentralens avdelning Miljöövervakning av strålning och beredskapsenhet (VALO) är testlaboratorium T167 och har ackrediterats av Ackrediteringstjänsten FINAS (ackrediteringsstandarden EN ISO/IEC 17025:2005). Laboratoriets testområde är Strålsäkerhetstester och miljöprovtagning i samband med detta. Nästan alla analyser med anknytning till övervakningen av strålning i miljön som STUK gör är utförda enligt ackrediteringskraven.

Strålsäkerhetscentralens samarbetspartner inom övervakningen av strålning i miljön samlar in prov och lämnar in dem för analys, deltar i helkroppsmätningar och sköter mätstationernas verksamhet. Strålsäkerhetscentralen vill rikta ett tack för ett gott samarbete till dem som sköter stationerna för övervakning av den yttre strålningen samt till följande samarbetspartner: Försvarsmakten, Meteorologiska institutet, Arktiskt centrum, Gränsbevakningen i sydöstra Finland, Gränsbevakningen i Lappland, Räddningsverket i Kotka, NTM-centralen i Sydöstra Finland, NTM-centralen i Norra Österbotten, NTM-centralen i Lappland, NTM-centralen i Egentliga Finland, Oulun Vesi, Åbo vattenverk, Valio Oy, Helsingfors och Nylands sjukvårdsdistrikt HNS/Barnmorskeinstitutets sjukhus/Ravioli, Tammerfors universitetssjukhus (centralsjukhus), Lapplands centralsjukhus, Helsingforsregionens miljötjänster, gymnasieskolan Helsingin Yhteislyseo, högstadie- och gymnasieskolan Hatanpään yläaste ja lukio och skolväsendet i Rovaniemi/högstadieskolan Korkalovaaran yläaste och gymnasieskolan Lyseonpuiston lukio. Enkäter riktade till intressentgrupperna inom strålningsövervakning har visat att grupperna har varit mycket nöjda med hur strålningsövervakningen har genomförts och hur resultaten har rapporterats.

Syftet med denna rapport är att förmedla kunskap om strålningsläget i miljön i Finland för alla intresserade. STUK lämnar regelbundet uppgifter om övervakningen till Europeiska kommissionen och denna rapport är ett sammandrag av de uppgifter som sänds till kommissionen. Rapporten finns även på Strålsäkerhetscentralens hemsida på adressen www.stuk.fi.

VESTERBACKA Pia (ed.). Surveillance of environmental radiation in Finland. Annual report 2015. STUK-B 204. Helsinki August 2016. 86 pp. + Appendices 1 pp.

Key words: radiation surveillance, external radiation, airborne radioactivity, deposition, water, milk, foodstuffs, human body, radon in indoor

Preface

The main goal of the surveillance of environmental radioactivity is to always be aware of the levels of artificial radiation in the environment to which the public is exposed. Another goal is to detect all significant changes in the levels of environmental radiation and radioactivity. Compliance with the basic safety standards laid down for the protection of health of the general public against dangers arising from ionising radiation can be ensured with environmental radiation surveillance. The running of surveillance programmes on a continuous basis also maintains and develops competence and readiness to respond to radiological emergencies.

This report summarises the results of environmental radiation surveillance in 2015. The report also contains some comparisons with results from the previous years. Surveillance of environmental radiation contains surveillance of artificial radiation and artificial radioactive elements in the environment. Natural radiation and natural radioactive elements are associated with the surveillance programme during years 2014–2017, although the major part of the public exposure to radiation is caused by natural radiation. From year 2014, natural radioactive elements are determined from surface water, drinking water, milk and foodstuffs. In addition, the programme is developed to include thematic investigations every few years.

Surveillance of environmental radioactivity in Finland is one of STUK's official duties. This duty is based on the decree enacted on STUK and the Radiation Decree. The Euratom Treaty also lays down an obligation of continuous monitoring of the levels of radioactivity in the air, water and soil in the European Union member states. In Finland, the Finnish Meteorological Institute (FMI) and the Defence Forces also monitor environmental radiation at their own stations. Environmental Radiation Surveillance (VALO) at STUK, from 2015 the Department for Environmental Radiation Surveillance and Emergency Preparedness (VALO), is a testing laboratory T167 accredited by FINAS (Finnish Accreditation Service) under standard EN ISO/IEC 17025:2005. The fields of testing are "Test of radiation safety and related environmental sampling". Almost all analyses in the radiation surveillance programme are made in accordance with the accreditation requirements.

STUK's partners in the surveillance of environmental radioactivity collect and deliver environmental samples for laboratory analyses, or they participate in whole-body counting. STUK would like to express its gratitude to the following partners for the successful co-operation: Defence Forces, Finnish Meteorological Institute, Arctic Centre, the Centre for Economic Development, Transport and the Environment (ELY Centre) of Southeast Finland, the ELY Centre of North Ostrobothnia, the ELY Centre of Lapland, the ELY Centre of Southwest Finland, Southeast Finland Frontier Guard District, Lapland Frontier Guard District, the Rescue Centre of Kotka, the water supply plants of Oulu and Turku, Valio Ltd., the Hospital District of Helsinki and Uusimaa/Kätilöopisto Maternity Hospital/Ravioli, Tampere University Central Hospital, Lapland Central Hospital, Helsinki Region Environmental Services Authority, the secondary school of Helsingin yhteislyseo, the secondary school of Hatanpää in Tampere, and the secondary school of Korkalovaara and Lyseonpuisto in Rovaniemi. Surveys conducted among the environmental radiation surveillance stakeholders have shown that the stakeholders are satisfied with the surveillance programme and reporting of the results.

The report aims to provide information on the levels of environmental radioactivity in Finland to all interested parties. STUK also submits monitoring data to the European Commission on a regular basis, and this report is a summary of the results delivered to the Commission. The report is also available at STUK's website www.stuk.fi.

Sisällysluettelo

ESIPUHE	3
1 YHTEENVETO	10
2 ULKOINEN SÄTEILY	16
3 ULKOILMAN RADIOAKTIIVISET AINEET	22
4 ULKOILMAN KOKONAISBEETA-AKTIIVISUUS	29
5 LASKEUMAN RADIOAKTIIVISET AINEET	33
6 PINTAVEDEN RADIOAKTIIVISET AINEET	38
7 JUOMAVEDEN RADIOAKTIIVISET AINEET	42
8 MAIDON RADIOAKTIIVISET AINEET	47
9 ELINTARVIKKEIDEN RADIOAKTIIVISET AINEET	52
10 RADIOAKTIIVISET AINEET IHMISESSÄ	59
11 JÄTELIETTEEN RADIOAKTIIVISET AINEET	64
12 RADIOAKTIIVISET AINEET ITÄMERESSÄ	68
13 SISÄILMAN RADON	73
14 ERILLISHANKKEET	78
LIITE 1. IONISOIVAAN SÄTEILYYN LIITTYVIÄ KESKEISIÄ SUUREITA JA NIIDEN YKSIKÖITÄ	84

Innehållsförteckning

FÖRETAL	4
1 SAMMANDRAG	12
2 EXTERN STRÅLNING	17
3 RADIOAKTIVA ÄMNEN I UTELUFT	23
4 TOTAL BETAAKTIVITET I UTELUFT	30
5 RADIOAKTIVA ÄMNEN I NEDFALL	34
6 RADIOAKTIVA ÄMNEN I YTVATTEN	39
7 RADIOAKTIVA ÄMNEN I DRICKSVATTEN	43
8 RADIOAKTIVA ÄMNEN I MJÖLK	49
9 RADIOAKTIVA ÄMNEN I LIVSMEDEL	54
10 RADIOAKTIVA ÄMNEN I MÄNNISKOKROPPEN	60
11 RADIOAKTIVA ÄMNEN I AVFALLSSLAM	65
12 RADIOAKTIVA ÄMNEN I ÖSTERSJÖN	69
13 RADON I INOMHUSLUFTEN	74
14 SÄRSKILDA PROJEKT	80
BILAGA 1. JONISERANDE STRÅLNING, DESS VIKTIGASTE STORHETER OCH DERAS ENHETER	85

Contents

PREFACE	5
1 SUMMARY	13
2 EXTERNAL RADIATION	18
3 AIRBORNE RADIOACTIVE SUBSTANCES	24
4 GROSS BETA ACTIVITY OF GROUND-LEVEL AIR	31
5 RADIONUCLIDES IN DEPOSITION	35
6 RADIOACTIVE SUBSTANCES IN SURFACE WATER	40
7 RADIOACTIVE SUBSTANCES IN DRINKING WATER	44
8 RADIOACTIVE SUBSTANCES IN MILK	49
9 RADIOACTIVE SUBSTANCES IN FOODSTUFFS	56
10 RADIOACTIVITY IN MAN	61
11 RADIOACTIVE SUBSTANCES IN WASTEWATER SLUDGE	66
12 RADIOACTIVE SUBSTANCES IN THE BALTIC SEA	70
13 RADON IN INDOOR AIR	75
14 SEPARATE PROJECTS	82
APPENDIX 1. IONISING RADIATION, THE KEY PARAMETERS AND THEIR UNITS	86

1 Yhteenveto

Tämä raportti on kansallinen yhteenveto ympäristösäteilyn valvonnan tuloksista Suomessa vuonna 2015. Tuloksia raporttiin ovat toimittaneet Säteilyturvakeskuksen lisäksi myös Ilmatieteen laitos ulkoilman kokonaisbeeta-aktiivisuudesta ja Puolustusvoimien teknillinen tutkimuslaitos ulkoilman radioaktiivisista aineista yhdeltä valvontasemalta.

Ympäristön säteilyvalvontaohjelma sisältää ulkoisen annosnopeuden jatkuvan ja automaattisen monitoroinnin, ulkoilman radioaktiivisten aineiden ja kokonaisbeeta-aktiivisuuden monitoroinnin sekä radioaktiivisen laskeuman, pinta- ja juomaveden, jätelietteen, maidon ja elintarvikkeiden radioaktiivisuuden säännöllisen analysoinnin. Lisäksi ohjelmaan sisältyy ihmisen kehossa olevien radioaktiivisten aineiden analysointi sekä sisäilman radonin monitorointi. Tämä raportti sisältää myös yhteenvetotiedot Itämeren radioaktiivisuusvalvonnan tuloksista ja ympäristön säteilyvalvontaan kuuluvien osaohjelmien aihekohtaisista selvityksistä.

Vuoden 2015 tulokset osoittavat, että ympäristössä olevat keinotekoiset radioaktiiviset aineet ovat pääosin peräisin vuoden 1986 Tšernobylin onnettomuudesta ja ilmakehässä 1950- ja 1960-luvulla tehdyistä ydinkokeista. Näiden lisäksi vuonna 2015 poikkeavia säteilyhavaintoja tehtiin yhdeksän kertaa. Jodia ($I-131$) havaittiin 16.–23.3. kerätyissä ulkoilman hiukkasnäytteissä Helsingissä, Imatralla, Kotkassa, Kuopiossa, Kajaanissa, Rovaniemellä, Ivalossa ja Sodankylässä. Lisäksi jodia havaittiin Kajaanissa 30.3.–6.4., Sodankylässä 4.–11.5. sekä Kotkassa 23.–30.3. ja 30.3.–6.4. kerätyissä hiukkasnäytteissä. Rovaniemellä 11.–18.5. kerätyissä hiukkasnäytteessä havaittiin radioaktiivista ceriumia ($Ce-141$), cesiumia ($Cs-134$, $Cs-137$), ruteniumia ($Ru-103$), zirkoniumia ($Zr-95$) ja niobiumia ($Nb-95$). Kotkassa 4.–11.5. kerätyissä hiukkasnäytteessä havaittiin cesiumia ($Cs-134$, $Cs-137$), kobolttia ($Co-60$) ja niobiumia ($Nb-95$) sekä 20.–28.4. ja 24.–31.8. kerätyissä näytteissä kobolttia ($Co-60$). Helsingissä 5.–6.10. kerä-

tyssä hiukkasnäytteessä havaittiin cesiumia ($Cs-134$, $Cs-137$), kobolttia ($Co-60$) ja mangaania ($Mn-54$). Kaikkia näitä havaittuja keinotekoisia nuklideja syntyy ydinvoimalaitoksissa niiden käytön aikana. Jodi-131:ä tuotetaan lisäksi lääketieteelliseen käyttöön. Minkään näiden havaintojen alkuperää ei voitu selvittää. Kaikki vuoden aikana havaitut keinotekoisien radioaktiivisten aineiden määrät olivat äärimmäisen pieniä eikä niillä ole minkäänlaisia vaikutuksia ihmisten terveyteen. Laskeuma- ja talousvesinäytteiden tritiumpitoisuudet vuonna 2015 olivat pieniä, yleensä 1–4 Bq/l. Elintarvikkeista mitatuista näytteistä muutaman sienenäytteen $Cs-137$:n aktiivisuuspitoisuus ylitti raja-arvon 600 Bq/kg, jota suositellaan noudatettavaksi, kun saatetaan markkinoille luonnonvaraisista riistaa, metsämarjoja ja -sieniä sekä järvikaloja. Jätevesipuhdistamoiden jätelietteessä havaittiin Tšernobylin onnettomuudesta peräisin olevaa $Cs-137$:a, luonnon radioaktiivisia aineita ja sairaalanuklideja. Radionuklideja käyttävien sairaaloiden syöpäklonikoiden ja isotooppiasastojen potilaiden eritteet kulkeutuvat jätevesipuhdistamoon ja näkyvät siten jätelietteissä. Ihmisten kehossa olevan $Cs-137$:n aiheuttama säteilyannos on alle 0,01 mSv/henkilö.

Sisäilman radonin pääasiallinen lähde on maaperän uraanipitoinen kiviaines. Korkeita radonpitoisuuksia esiintyy niissä asunnoissa, joiden perusrakenteet eivät ole riittävän tiiviitä estämään radonpitoisen maaperän huokosilman pääsyn sisätiloihin. Sosiaali- ja terveysministeriön vuonna 1992 asettama enimmäisarvo 400 Bq/m³ ylittyy arviolta 47 000 suomalaisessa pientaloasunnossa ja 8 000 kerrostalohuoneistossa. Vuonna 2015 väestön keskimääräinen radonpitoisuus asunnoissa arvioitiin olevan noin 94 Bq/m³. Tehokkaimmin radonia torjutaan rakennusvaiheen toimenpiteillä, eli rakentamalla alapohjarakenteet tiiviiksi ja asentamalla lattialaatan alle radonputkisto.

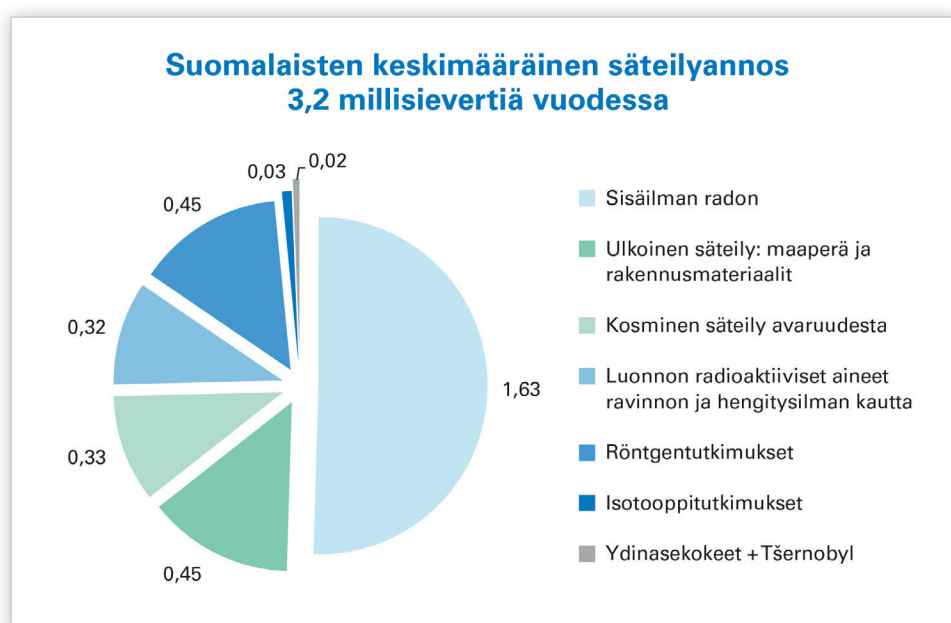
Aihekohtainen erillisselvitys liittyi päiväkotien ilman radonpitoisuuksien selvittämiseen korkean

radonpitoisuuden kunnissa. Huomattavassa määrässä päiväkoteja ei ennen hankkeen aloittamista oltu mitattu radonpitoisuutta, vaikka kyseisissä kunnissa mittaus on ohjeen ST 12.1 mukaan tehtävä työpaikoilla sekä julkisissa tiloissa. STUK mittasi yhteensä 482 päiväkodin sisäilman radonpitoisuuden. Keskimääräinen radonpitoisuus päiväkodeissa oli 81 Bq/m³. Radonpitoisuus ylitti toimenpidearvon 400 Bq/m³ kaikkiaan 17 päiväkodissa (noin 4 % aineistosta). Suurin mitattu päiväkodin radonpitoisuus oli noin 2 400 Bq/m³. STUK antoi toimenpidemääräyksiä niille päiväkodeille, joissa yhdenkin mittauspisteen sisäilman radonpitoisuus ylitti 400 Bq/m³.

Suomalaiset saavat eri säteilylähteistä vuoden aikana keskimäärin noin 3,2 millisievertin (mSv)

säteilyannoksen. Valtaosa tästä säteilyannoksesta (noin 2,7 mSv) aiheutuu luonnon radioaktiivisista aineista ja kosmisesta säteilystä. Ympäristön keinotekkoisten radioaktiivisten aineiden aiheuttama säteilyaltistus vuonna 2015 oli merkityksettömän pieni kokonaissäteilyaltistukseen verrattuna, keskimäärin noin 0,02 mSv. Tämä on alle 1 % väestön kokonaissäteilyaltistuksesta. Kuva 1.1 esittää suomalaisen keskimääräisen säteilyannoksen eri lähteet.

Vuoden 2015 tulokset osoittavat myös, että vuoden aikana ympäristöön ei tapahtunut sellaisia radioaktiivisten aineiden päästöjä, joilla olisi haittavaikutuksia ihmisen terveydelle tai ympäristölle Suomessa.



Kuva 1.1. Suomalainen saa ionisoivasta säteilystä keskimäärin 3,2 millisievertin säteilyannoksen vuodessa

1 Sammandrag

Denna rapport är ett nationellt sammandrag av övervakningen av strålning i miljön i Finland 2015. Resultat som redovisas i rapporten kommer förutom från Strålsäkerhetscentralen, även från Meteorologiska Institutet – den totala betaaktiviteten i utomhusluften – och från en mätstation vid Försvarsmaktens tekniska forskningsinstitut – radioaktiva ämnen i utomhusluften.

Programmet för övervakning av strålning i miljön omfattar fortlöpande automatisk övervakning av den externa dosraten, övervakning av radioaktiva ämnen och den totala betaaktiviteten i utomhusluften samt regelbunden analys av radioaktivt nedfall och radioaktivitet i yt- och dricksvatten, avloppsslam, mjölk och livsmedel. I programmet ingår dessutom analys av radioaktiva ämnen i människokroppen och radon i inomhusluften. Denna rapport innehåller också ett sammandrag av övervakningen av radioaktiviteten i Östersjön och fyra särskilda projekt.

Resultaten för år 2015 visar att de artificiella radioaktiva ämnena i miljön härrör främst från olyckan i Tjernobyl år 1986 och från kärnvapenprov i atmosfären på 1950- och 1960-talet. Utöver dessa gjordes avvikande strålningsupptäkter nio gånger år 2015. Jod (I-131) uppmättes i uteluftsprov som insamlats 16.–23.3 i Helsingfors, Imatra, Kotka, Kuopio, Kajana, Rovaniemi, Ivalo och Sodankylä. Dessutom uppmättes jod i Kajana 30.3–6.4, i Sodankylä 4.–11.5 och i Kotka 23.–30.3 samt i partikelprov insamlade 30.3–6.4. I partikelprovet insamlat i Rovaniemi 11.–18.5 uppmättes radioaktivt cerium (Ce-141), cesium (Cs-134, Cs-137), rutenium (Ru-103), zirkonium (Zr-95) och niobium (Nb-95). I partikelprovet insamlat i Kotka 4–11.5 uppmättes cesium (Cs-134, Cs-137), kobolt (Co-60) och niobium (Nb-95) samt i proven insamlade 20–28.4 och 24.–31.8 kobolt (Co-60). I partikelprovet insamlat i Helsingfors 5–6.10 uppmättes cesium (Cs-134, Cs-137), kobolt (Co-60) och mangan (Mn-54). Alla dessa konstgjorda nuklider uppstår i kärnkraftsanläggningar i bruk. Jod-131 tillverkas dessutom för medicinskt bruk. De upptäckta nu-

klidernas ursprung kunde inte fastslås. Halterna av alla konstgjorda nuklider som upptäcktes under året var mycket små och har ingen inverkan på människors hälsa. Tritiumhalten i nedfalls- och hushållsvattenproven år 2015 var små, vanligtvis 1–4 Bq/l. Av livsmedelsproven överskred aktivitetshalten för Cs-137 gränsvärdet på 600 Bq/kg i några svampprov. Gränsvärdet rekommenderas att beaktas för vilt, skogsbär och -svamp samt in-sjöfisk som släpps ut på marknaden. I slammet i avloppsvattenreningsverken uppmättes Cs-137 som härstammar från olyckan i Tjernobyl, naturliga radioaktiva ämnen samt sjukhusnuklider. Patienters exkret leds till vattenreningsverken från cancerkliniker och isotopavdelningar på sjukhus som använder sig av radionuklider, och dessa nuklider syns således i avloppsslammet. Cs-137 i människokroppen förorsakar en stråldos som är under 0,01 mSv/person.

Radon i inomhusluften härstammar huvudsakligen från uranhaltigt stenmaterial i marken. Höga radonhalter förekommer i de bostadslägenheter, vars grundkonstruktion inte är tillräckligt tät för att förebygga att radonhaltig jordluft tränger in i huset. Det maximala värdet 400 Bq/m³ som social- och hälsovårdsministeriet bestämde 1992 överskreds i uppskattningsvis 47 000 småhus och i 8 000 höghuslägenheter i Finland. Den genomsnittliga radonhalten i inomhusluften i bostäder uppskattades 2015 till cirka 94 Bq/m³. Det effektivaste sättet att bekämpa radon är genom åtgärder under byggtiden; genom att bygga en tät konstruktion i det nedre bjälklaget och montera ett radonrörverk under golvplattan.

En separat undersökning utfördes angående radonhalten i inneluften i daghem i kommuner med hög radonhalt. Innan projektet inleddes hade radonmätningar i daghem inte utförts i stor grad, trots att direktiv ST 12.1 kräver mätningar på arbetsplatser samt offentliga rum i dessa kommuner. STUK mätte allt som allt radonhalten i inneluften i 482 daghem. Medeltalet för radonhalten i daghem var 81 Bq/m³. Radonhalten överskred åtgärdsgränsen 400 Bq/m³

i 17 daghem (cirka 4% av samplet). Den högsta radonhalten var ca 2 400 Bq/m³. STUK gav åtgärdsålägganden åt de daghem, i vilka en eller flera mät-punkter hade en radonhalt på över 400 Bq/m³.

Finländarnas stråldos från olika strålningskällor är årligen i medeltal 3,2 millisievert (mSv). Huvuddelen av denna dos (cirka 2,7 mSv) härrör från naturliga radioaktiva ämnen och från den kosmiska strålningen. Artificiella radioaktiva ämnen stod år 2015 för en obetydligt liten del av bestrålningen jämfört med den totala stråldosen, i

genomsnitt cirka 0,02 mSv. Detta är mindre än en procent av den totala stråldosen som befolkningen utsätts för. Bild 1.1 visar olika källor av den genomsnittliga totala stråldosen som finländarna utsätts för.

Resultaten för 2015 visar också att det under året inte inträffade några sådana utsläpp av radioaktiva ämnen till miljön som skulle ha haft någon skadeverkan på människors hälsa eller på miljön i Finland.

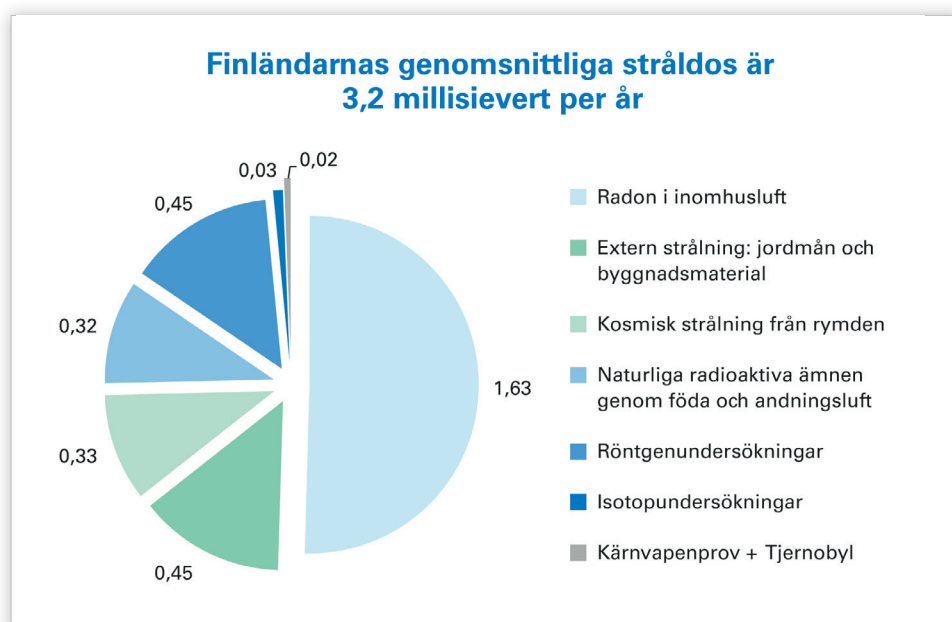


Bild 1.1. En finländare får i genomsnitt en 3,7 millisievert stråldos från joniserande strålning. De strålkällor som presenteras i denna rapport orsakar tillsammans ca 0,7 % av den totala doskakan (den röda skivan i bilden).

1 Summary

This report is the national summary of the results obtained in the surveillance of environmental radioactivity in Finland in 2015. The Finnish Radiation and Nuclear Safety Authority (STUK) has produced most of the results, but the Finnish Meteorological Institute and the Defence Forces Research Institute of Technology have also submitted results for this report on the gross beta activity in outdoor air and on the airborne radioactive substances, respectively.

The surveillance programme on environmental radioactivity covers continuous and automated monitoring of external dose rate in the air, regular monitoring of radioactive substances and gross beta activity in outdoor air, radioactive substances in deposition, in surface and drinking water, in sludge from the wastewater treatment plant in Helsinki, in milk, foodstuffs, and in the human body. This report also contains a summary of the results of the monitoring of radioactivity in the Baltic Sea, monitoring of radon in indoor air and results from four thematic investigations.

The results for 2015 show that the artificial radionuclides observed in the environment originate from the 1986 Chernobyl accident and from atmospheric nuclear tests performed in the 1950s and 1960s. In addition to these observations, very small amounts of artificial radioisotopes were detected nine times in outdoor air in 2015 in Finland. In March a small quantity of particulate ¹³¹I was detected in Helsinki, Imatra, Kotka, Kuopio, Kajaani, Rovaniemi, Ivalo and Sodankylä. In addition, the particulate I-131 was also detected in Kajaani and Kotka in the beginning of April and in Sodankylä in May. During 2015 small quantities of particulates cerium (Ce-141), cesium (Cs-134, Cs-137), ruthenium (Ru-103), zirconium (Zr-95), niobium (Nb-95), cobalt (Co-60) and manganese (Mn-54) were detected in Rovaniemi, Kotka and Helsinki. All the detected artificial isotopes are produced at nuclear power plants. Iodine-131 is also used in medicine. The origin of any of these findings

could not be determined. All detected quantities of artificial radioactive substances during 2015 were extremely small and did not have any health effects on humans.

Tritium concentrations in drinking water and deposition samples in 2015 remained minor, most usually 1–4 Bq/l. In food stuff, cesium-137 concentration exceeded the limiting value 600 Bq/kg in some of the analysed samples. This value is the limiting value for natural products if products are put on the market. In waste sludge, cesium-137 from the Chernobyl accident, natural radionuclides and radionuclides from hospital were observed. Secretions from patients at cancer wards and isotope wards at hospitals using radionuclides migrate to waste water treatment plants and were detected in waste sludge. Activity concentration of cesium-137 in people caused the radiation dose less than 0.01 mSv/person.

The main source of radon in indoor air is the rock material containing uranium in soil. High radon levels occur in homes, the foundations of which are not sufficiently well-sealed to prevent the access of radon-carrying soil air. It is estimated that the maximum concentration of 400 Bq/m³ set in 1992 by the Ministry of Social Affairs and Health is exceeded in 47,000 Finnish houses and 8,000 blocks of flats. The average indoor air radon concentration for the members of the public in 2015 was estimated at 94 Bq/m³. Radon is most effectively prevented by measures taken at the construction stage: by building the base floor structures leaktight and by installing radon piping under the ground slab.

Thematic investigation covered radon monitoring at workplaces, a nursery radon monitoring project was implemented in municipalities with a high radon concentration. The goal was to decrease the radon exposure of small children and employees working at nurseries. Radon measurements had been omitted in 60% of the nurseries, which means that there was a real need for information concerning the obligation for measuring radon at workplaces.

On average, the radon concentrations at the measured nurseries were low, 81 Bq/m³. The radon concentration exceeded the action level of 400 Bq/m³ in approximately 4% of the measurement points; in these cases, STUK issued orders to reduce the radon concentration or to carry out further investigation. The radon concentration for over one hundred nurseries under the measurement obligation remains unknown, and STUK is continuing the intensified monitoring of these nurseries.

The average annual dose of Finns, received from different radiation sources, is about 3.2 millisievert (mSv). The majority of this annual dose (some

2.7 mSv) is caused by natural radioactive substances and cosmic radiation. The exposure to radiation of artificial radionuclides in the environment in 2015 was insignificant compared with the total annual dose, some 0.02 mSv. This is less than 1% of the total radiation exposure of the population. Figure 1.1 shows the different sources of the average radiation dose of a Finn.

The results also show that in 2015 there were no such environmental releases of radioactive substances which would have any harmful effects on human health or the environment in Finland.

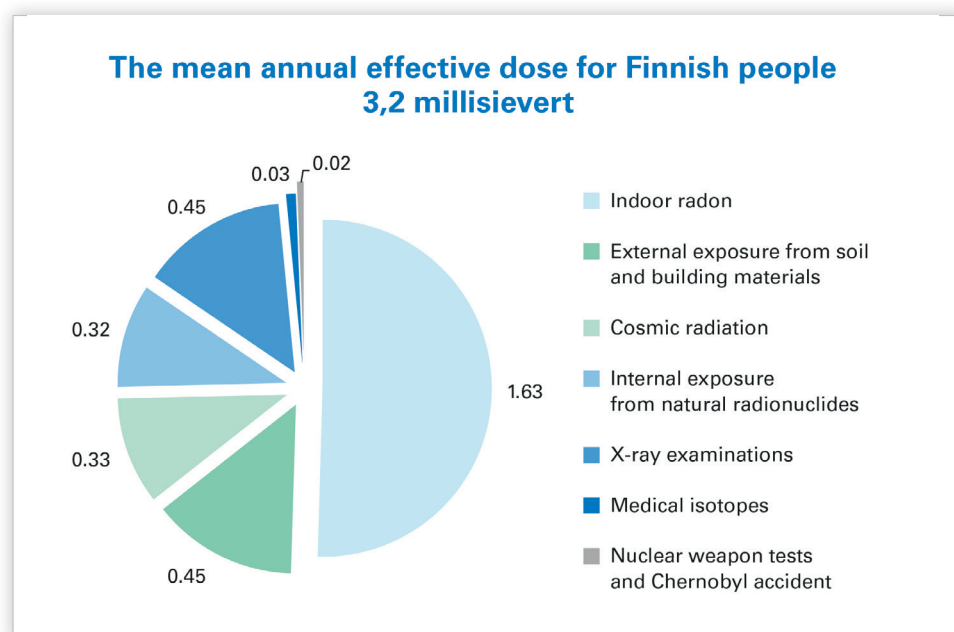


Fig. 1.1. A Finn gets annually about 3.2 millisievert dose from ionizing radiation.

2 Ulkoinen säteily

Suomessa ulkoisen säteilyn annosnopeutta valvotaan reaaliaikaisella ja kattavalla mittausasemaverkolla. Tähän STUKin ylläpitämään automaattiseen Uljas-valvontaverkkoon kuuluu 255 Geiger-Müller (GM) -antureilla varustettua mittausasemaa (kuva 2.1). Osa asemista on varustettu myös LaBr_3 -spektrometreilla. Verkkoon on lisäksi liitetty ydinvoimalaitosten hallinnoimat laitosten ympäristössä sijaitsevat GM-antureilla varustetut mittausasemat. Ilmatieteen laitos ja puolustusvoimat seuraavat annosnopeutta omilla havaintoasemillaan. Lisäksi kunnilla on valmiudet ulkoisen säteilyn manuaaliseen valvontaan. Kuvassa 2.2 on esimerkki valvonta-aseman säteilyanturista.

Tulosten keruu

Kaikki mittausverkon tulokset talletetaan säteilyvalvonnan tietojärjestelmään USVAan, jonka keskuslaitteisto sijaitsee STUKin tiloissa. Automaattiset mittausasemat lähettävät tuloksensa heti niiden valmistuttua USVAan, USVan varajärjestelmään (Ilmatieteen laitoksen tiloissa) sekä paikalliseen hätäkeskukseen. Tietoliikenne keskuslaitteiston ja asemien välillä hyödyntää viranomaisille tarkoitettua VIRVE-radioverkkoa.

Hälytysten käsittely

Alin hälytysraja on 0,4 mikrosievertiä tunnissa tai säteilyn annosnopeuden nouseminen yli 0,1 mikrosievertiä tunnissa suuremmaksi kuin edellisten seitsemän vuorokauden annosnopeuden keskiarvo. Tieto jonkin aseman hälytyksestä ja ympäröivien mittausasemien havaitsemista säteilytasoista on käytettävissä heti paitsi STUKissa myös siinä hätäkeskuksessa, jonka alueella asema sijaitsee. Hälytyksen syyn selvittäminen alkaa välittömästi.

Säteilyannos

Suomessa luonnon taustasäteily vaihtelee välillä 0,05–0,30 mikrosievertiä tunnissa. Alueellinen vaihtelu annosnopeuksissa johtuu uraanin ja toriumin pitoisuuseroista kallio- ja maaperässä. Lumi- ja jääkerros vaimentaa maaperästä tulevaa säteilyä.

Paikallista ja lyhytaikaista nousua annosnopeudessa saattaa aiheuttaa sade, joka tuo radonia ja sen hajoamistuotteita lähemmäksi maanpintaa.

Vuoden 2015 aikana valvontaverkon yhden aseman GM-anturi hälytti kerran. Syynä oli voimakaiden sadekuurojen aiheuttama radonpitoisuuden kasvu lähellä maanpintaa. Lisäksi kaksi LaBr_3 -spektrometrillä varustettua mittausasemaa hälyttivät kumpikin kerran. Toisen tapauksen hälytyksen aiheutti luultavasti anturin läheisyydessä oleskellut isotooppihoitoa saanut henkilö ja toinen hälytys taas oli seurausta lumen sulamisesta, jolloin maaperässä Tšernobylin jäljiltä olevan kesiumin aiheuttama säteilytaso nousi aiempaa tausta-arvoa suuremmaksi.

Maaperässä olevista keinotekoisista radioaktiivisista aineista (lähinnä Tšernobylin-laskeumasta) aiheutui suomalaisille vuonna 2015 keskimäärin 0,011 millisievertin (mSv) suuruinen ulkoisen säteilyn annos. Tämä on noin yksi neljäskymmenesosa maaperän ja rakennusmateriaalien sisältämien luonnon radioaktiivisten aineiden aiheuttamasta keskimääräisestä ulkoisen säteilyn vuosiannoksesta.

Tulosten välittäminen eteenpäin

STUK toimitti vuonna 2015 jatkuvasti kaikkien 255 mittausaseman yhden tunnin annosnopeustiedot julkisille [www-sivuilleen \(www.stuk.fi\)](http://www.stuk.fi). Kahdeksan mittausaseman koko vuoden mitaustulokset on esitetty kuvassa 2.3.

STUK ylläpitää palvelinta, josta erikseen sovitut ulkopuoliset käyttäjät (Euroopan komissio, Itämeren maiden neuvoston jäsenvaltiot; ks. kuva 2.4) voivat halutessaan hakea Suomen säteilytietoja.

Yhteistyökumppanit

STUKin keskeiset yhteistyökumppanit valtakunnallisessa ulkoisen säteilyn valvonnassa ovat Hätäkeskuslaitos, paikalliset pelastusviranomaiset, sisäasiainministeriö, puolustusvoimat ja Ilmatieteen laitos.

Yhteyshenkilö: Tuomas Peltonen, Säteilyturvakeskus (tuomas.peltonen@stuk.fi)

2 Extern strålning

Den externa stråldosraten i Finland övervakas i realtid med ett heltäckande mätstationsnät. I Strålsäkerhetscentralens automatiska övervakningsnät (bild 2.1) ingår 255 mätstationer som försetts med GM-detektorer. En del av stationerna har också en LaBr₃-spektrometer. Därtill är GM-mätstationerna kring de inhemska kärnkraftverken anslutna till nätet. Även Meteorologiska institutet och försvarsmakten följer med den externa strålningsraten med sina egna mätstationer, och i kommunerna finns det beredskap i att manuellt övervaka extern strålning. Ett exempel av en detektor vid en mätstation visas i bild 2.2.

Registrering av mätvärdena

Alla mätvärdena sätts in i stråltillsynens datasystem USVA, vars centraldatorer finns på Strålsäkerhetscentralen. De automatiska mätstationerna förmedlar resultaten kontinuerligt till USVA, dess reservsystem (på Meteorologiska institutet) och den lokala nödcentralen. Datatrafiken mellan centralsystemet och mätstationerna sker via myndigheternas radionät VIRVE.

Hantering av alarm

Den lägsta larmgränsen i nätet är 0,4 mikrosievert i timmen men larmet genereras också i fall att dosraten överstiger medelvärdet under de sju senaste dygnen med 0,1 mikrosievert i timmen. Om strålningsnivån på någon mätstation överstiger larmgränsen, så vet både STUK och de lokala räddningsmyndigheterna genast om alarmet och även om strålningsnivåer på de näraliggande andra mätstationerna. Utredningen av orsaken till alarmet inleds omedelbar.

Stråldos

Bakgrundsstrålningen i Finland varierar mellan 0,05 och 0,30 mikrosievert i timmen. Lokalt kan bakgrundsstrålningen vara större om det finns uran och torium i berget eller i jordmånen. Snö och is dämpar strålningen uppåt från marken. En lokal och kortvarig höjning i doshastigheten kan orsakas

av regn som för radon och dess sönderfallsprodukter närmare jordytan.

Under år 2015 larmade en av övervakningsnätets GM-detektorer en gång. Orsaken till larmet var häftiga regnskuror som bringade ner radon från övre atmosfären. Därtill larmade spektrometernätet två gånger. Det ena larmet var uppenbarligen förorsakat av en person som hade fått radioisotopbehandling. Skälet till det andra larmet var smältningen av snö, varvid strålningsnivån förorsakad av Tjernobylcesium i jordmånen ökade.

Artificiella radionuklider i jordmånen (härstammande främst från Tjernobyl-olyckan) orsakade år 2015 i medeltal en stråldos på 0,011 millisievert till finländarna. Detta är ungefär en fyrtiondededel av den årliga externa dos, som naturliga radionuklider i jordmån och byggnadsmaterial orsakar.

Förmedling av mätvärdena

Under år 2015 visade Strålsäkerhetscentralen kontinuerligt en timmes mätvärden från alla 255 mätstationer på sina offentliga www-sidor (www.stuk.fi). Mätvärdena från åtta stationer finns i bild 2.3.

Strålsäkerhetscentralen upprätthåller en server, där vissa andra parter (såsom Europakommissionen och medlemsländer i Östersjörådet; se bild 2.4) kan avläsa uppgifter om strålningen i Finland

Samarbetspartner

Strålsäkerhetscentralens viktiga partner inom övervakningen av extern strålning är Nödcentralsverket och lokala räddningstjänstmyndigheter, inrikesministeriet, försvarsmakten och Meteorologiska institutet.

Kontaktperson: Tuomas Peltonen, Strålsäkerhetscentralen (tuomas.peltonen@stuk.fi)

2 External radiation

Finland has an automatic nation-wide monitoring network for external dose rate, which consists of 255 stations equipped with GM tubes (Fig. 2.1). Some stations include also a LaBr₃ spectrometer. The maintenance and development of the network are carried out by STUK. The monitoring stations situated around the domestic nuclear power plants and administrated by the power companies are also connected to the network. The Finnish Meteorological Institute and the Defence Forces have their own monitoring stations. In addition, the municipalities maintain readiness for performing manual radiation measurements in the case of an emergency. An example of a radiation detector is shown Figure 2.2.

Data collection

All measurement results are stored in the data management system (USVA) of radiation surveillance, the central hardware of which is located in the facilities of STUK. Automatic monitoring stations send data continuously to USVA and its back-up system (at the Finnish Meteorological Institute), and to the local emergency response centre. The data communication between the central equipment and the stations uses the wireless VIRVE network of the authorities.

Handling of alarms

An alarm is generated either if the dose rate at a monitoring station exceeds 0.4 microsieverts per hour or if it exceeds the average value during the previous seven days by 0.1 microsieverts per hour. Both STUK and the local authorities receive an alarm message and have also immediately access to the radiation levels at the other stations close to the alarming station. Activities finding the cause of the alarm will be started immediately after the alarm is given.

Radiation dose

The background radiation in Finland ranges from 0.05 to 0.30 microsieverts per hour. The regional variation in dose rates depends on the differences of uranium and thorium concentrations in bedrock and soil. The snow and ice attenuate the radiation from the ground. The observed dose rates may increase lo-

cally in cases where there is rain that brings radon and its daughter nuclides from the upper atmosphere closer to the ground.

During the year 2015 dose rate levels higher than normal background radiation were observed three times. One alarm was due to an increased dose-rate level at a GM-station. The alarm was caused by heavy showers that brought radon down close to the ground. In addition, the spectrometer network generated two alarms. The one was presumably caused by a person who had received radioisotope therapy, and the second one was related to the melt of snow which increased the radiation level originating from the Chernobyl caesium in the ground.

The major part of the radiation dose from external radiation is caused by natural radioactivity in the soil and by cosmic radiation. In 2015 artificial radio-nuclides in the soil were estimated to cause an average dose of 0.011 millisieverts per capita in Finland. This is about one fortieth of the annual external dose due to natural radioactivity in the soil and in construction materials.

Delivering of data

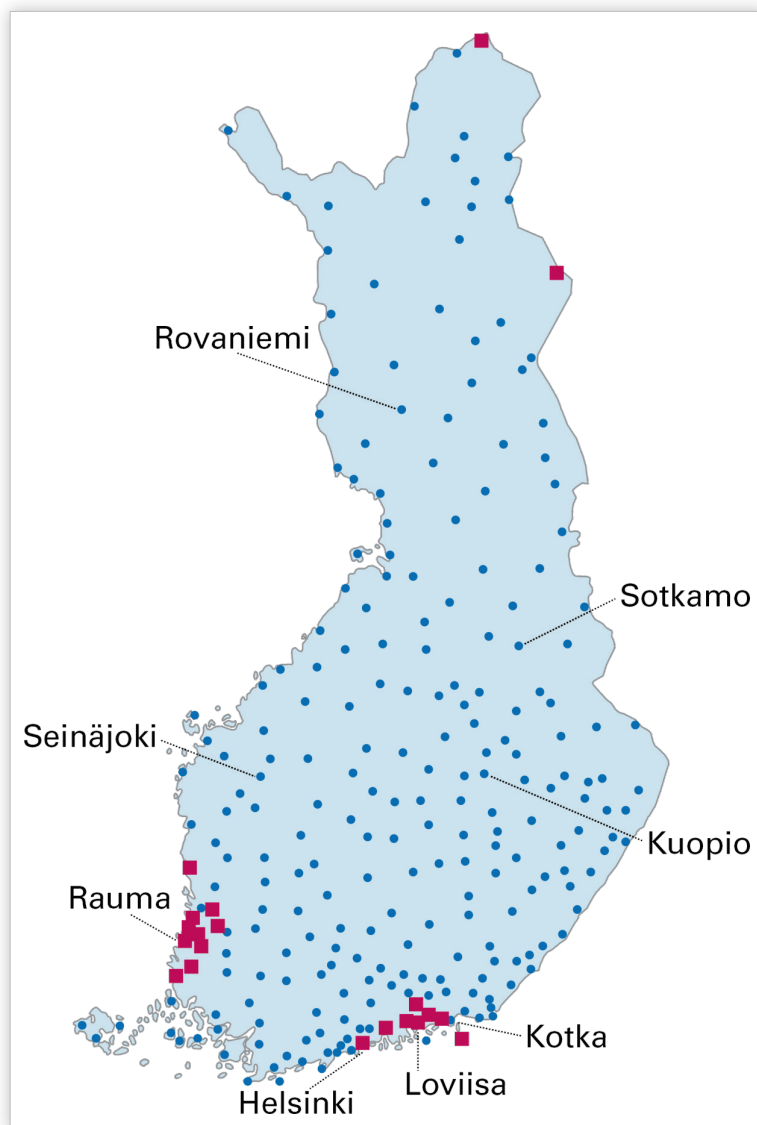
In 2015 one-hour monitoring data from all the 255 stations were continuously available on the public home pages of STUK (www.stuk.fi). The whole-year data from eight of the stations are shown in Fig. 2.3.

STUK maintains a server that can be accessed by authorised other parties (like the European Commission and the member countries of the Council of the Baltic Sea States; see Fig. 2.4) whenever they are interested in the Finnish radiation data.

National co-operation partners

The most important co-operation partners of STUK within the monitoring of external radiation are the Emergency Response Centre Administration and local emergency response centres, Ministry of the Interior, Defence Forces and Finnish Meteorological Institute.

Contact person: Tuomas Peltonen, Radiation and Nuclear Safety Authority (tuomas.peltonen@stuk.fi)



Kuva 2.1. Ulkoisen säteilyn valvontaverkon automaattiset mittausasemat. Punaiset neliösymbolit kuvaavat asemia, joilla on GM-anturin lisäksi LaBr₃-spektrometri. Kuvassa nimettyjen asemien mittaustulokset on esitetty kuvassa 2.3.

Bild 2.1. Automatiska mätstationer i nätet för extern strålning. Röda kvadrater representerar stationer som har både en GM-detektor och en LaBr₃-spektrometer. På bilden namnges de mätstationer, vars mätvärden finns i bild 2.3.

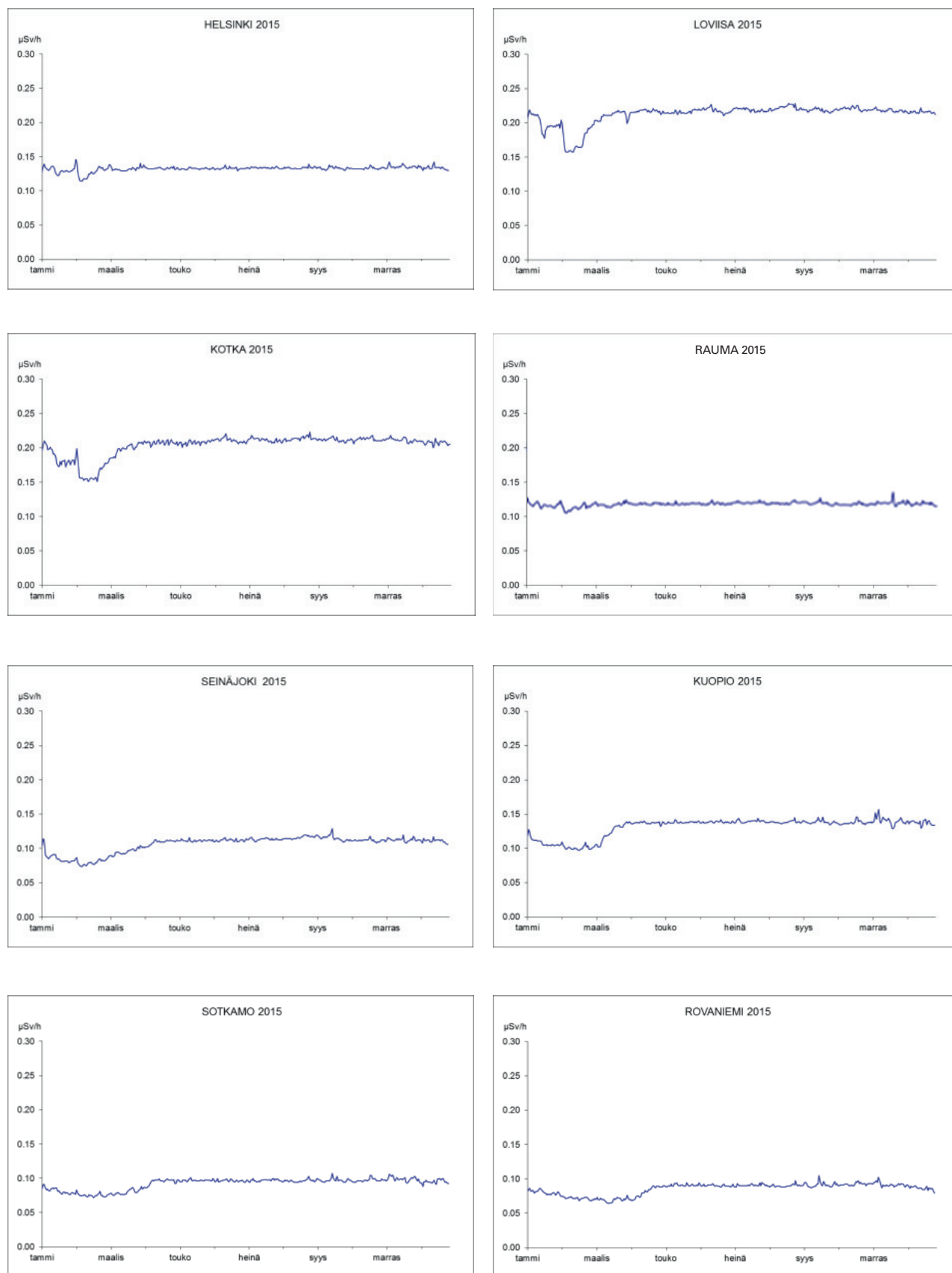
Fig. 2.1. Automatic dose-rate monitoring stations. Red squares indicate stations that have both a GM detector and a LaBr₃ spectrometer. The locality names refer to stations whose results are shown in Fig. 2.3.



Kuva 2.2. Ulkoisen säteilyn valvontaverkon mittausaseman Orregrund anturit.

Bild 2.2. Detektorer vid mätstationen Orregrund i övervakningsnätet för extern strålning.

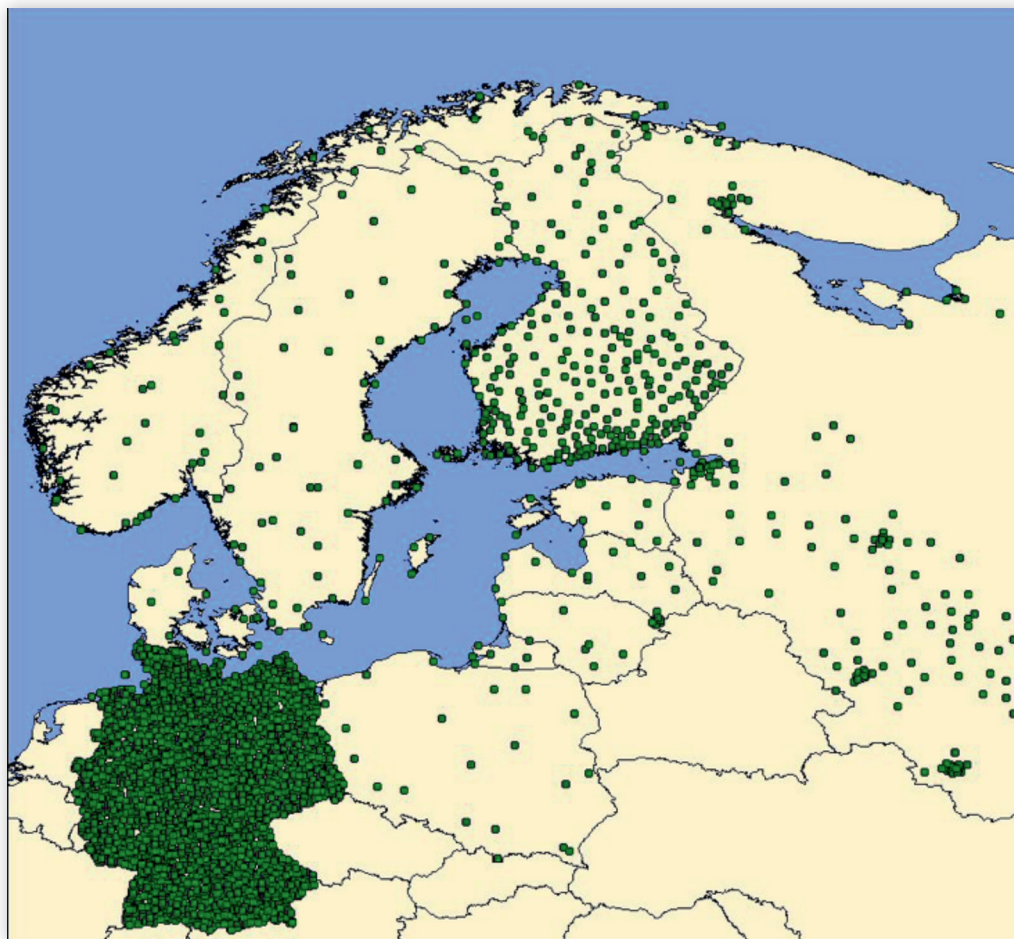
Fig. 2.2. Detectors of the automatic dose-rate monitoring station at Orregrund.



Kuva 2.3. Ulkoisen säteilyn annosnopeus kahdeksalla mittausasemalla vuonna 2015.

Bild 2.3. Externa dosrater vid åtta mätstationer år 2015.

Fig. 2.3. Observed radiation levels at eight monitoring stations in 2015.



Kuva 2.4. Itämeren maiden neuvostoon kuuluvien valtioiden ulkoisen säteilyn valvontaverkkojen automaattiset mittausasemat. Huom! Islanti ei näy kuvassa lainkaan ja Venäjän alueen asemista kartalla on esitetty vain läntisimmät.

Bild 2.4. Automatiska mätstationer i näten för extern strålning av medlemsländer i Östersjörådet. Observera att Island fattas på kartan och att bara de västligaste ryska mätstationer visas på bilden.

Fig. 2.4. Automatic dose-rate monitoring stations of the member countries of the Council of the Baltic Sea States. Note that Iceland is not shown on the map at all and only the westernmost Russian stations are displayed.

3 Ulkoilman radioaktiiviset aineet

STUK valvoo pintailman radioaktiivisten aineiden pitoisuuksia kahdeksalla ja Puolustusvoimat yhdellä paikkakunnalla (kuva 3.1). Molempien ydinvoimalaitosten ympäristössä – Loviisassa ja Olkiluodossa – on neljä voimayhtiöiden valvonta-asemaa. Yhteenveto voimalaitosten ympäristön säteilyvalvonnasta julkaistaan raporttisarjassa STUK-B.

Näytteiden keräys

Ulkoilman sisältämiä radioaktiivisia aineita valvotaan pumpaamalla suuria määriä ilmaa radioaktiiviset aineet pidättävien suodattimien läpi. Lasikuitusuodatin kerää radioaktiivisia aineita sisältävät hiukkaset ja aktiivihiihiusuodatin pidättää kaasumaisen radioaktiivisen jodin. Näytteet kerätään tehtävää varten suunnitelluilla kerääjillä (kuva 3.2). Osassa kerääjiä on lasikuitusuodattimeen kertyvää radioaktiivisuutta monitoroiva LaBr_3 -spektrometri. Kerääjässä olevalla spektrometrillä voidaan havaita suodattimelle kertyvät keinotekoiset radioaktiiviset aineet jo näytteen keräyksen aikana, jos aineiden pitoisuus ulkoilmassa on tarpeeksi suuri.

Kerääjien suodattimet vaihdetaan yksi tai kaksi kertaa viikossa kerääjän mallista riippuen ja lähetetään STUKin laboratorioon Helsinkiin analysoitaviksi. STUKilla on myös Kuopiossa suodattimien mittaamiseen tarvittava laitteisto, jolla aseman suodattimet mitataan paikan päällä ja tulokset analysoidaan Helsingissä. STUKin toimipisteessä Helsingissä on automaattilaitteisto joka kerää ja käsittelee suodattimen sekä analysoi ensimmäiset alustavat tulokset automaattisesti. Laite vaihtaa suodattimen vuorokauden välein.

Näytteiden käsittely ja mittaus

Laboratoriossa tehtävällä mittauksella suodattimista voidaan havaita hyvin pienet määrät radioaktiivisia aineita. Suodattimet mitataan gammaspektrometrillä ja spektristä tunnistetaan suodattimeen pidäytyneet radionuklidit. Radioaktiivisten aineiden havaitsemisraja ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$) on nuklidikohtainen ja riippuu mm. suodatetusta ilmamäärästä, näytteen sisältämisestä muista radioaktiivisista aineista, näytteen iästä, mittausajasta, ilmaisimen havaitsemistehokkuudesta ja taustasuojas-

ta (taulukko 3.1). Havaitsemisrajat ovat tyypillisesti alle miljardisosa siihen aktiivisuuspitoisuuteen nähden, joka aiheuttaisi väestön suojaustoimenpiteitä. Osassa kerääjiä oleva, suodattimelle kertyvää radioaktiivisuutta monitoroiva järjestelmä ei herkkyytensä puolesta riitä korvaamaan suodattimien laboratorioanalyysijä, vaikka havaitseekin radioaktiivisia aineita pitoisuuksissa, jotka ovat alle tuhannesosan siihen aktiivisuuspitoisuuteen nähden, joka aiheuttaisi väestön suojelutoimenpiteitä.

Tulokset

Taulukossa 3.2 on esitetty vuoden 2015 aikana tehdyt poikkeavat keinotekoisien radioaktiivisten aineiden havainnot. Vuoden 2015 maalis- ja huhtikuun aikana havaittiin kaikilla paikkakunnilla kerätyissä näytteissä vähäinen määrä radioaktiivista hiukkasmaista ^{131}I :tä. Havaintoja radioaktiivisesta jodista tehtiin myös muualla Pohjois-Euroopassa. Toukokuussa voitiin havaita vähäisiä määriä kolmea eri radioaktiivista nuklidia Kotkassa ja viittä eri nuklidia Rovaniemellä. Lokakuussa Helsingin näytteessä voitiin havaita vähäisiä määriä neljää eri nuklidia. Tämän lisäksi vuoden 2015 aikana tehtiin muutamia yksittäisten nuklidien havaintoja (^{60}Co ja ^{131}I). Kaikkia näitä havaittuja keinotekoisia nuklideja syntyy ydinvoimalaitoksissa niiden käytön aikana. Jodi-131:tä tuotetaan lisäksi lääketieteelliseen käyttöön.

Kuvissa 3.3 ja 3.4 on esitetty ^{137}Cs -aktiivisuuspitoisuuden keskiarvo näytteenkeräysjaksoilla havaintoasemittain. Keväisin havaitaan tyypillisesti muita vuodenaikoja suurempia pitoisuuksia ^{137}Cs :ää, joka johtuu maasta nousevan pölyn mukana kulkeutuneesta vanhasta laskeumasta. Kuvassa 3.5 on esitetty ^{137}Cs -aktiivisuuspitoisuuden kuukausikeskiarvot pitkällä aikavälillä Helsingin seudulta. Keinotekoisien radioaktiivisten aineiden määrät ulkoilmassa ovat olleet erittäin pieniä, eikä niillä ole ollut terveysvaikutuksia. Vuonna 2015 suomalaiset saivat ulkoilman keinotekoisista radioaktiivisista aineista keskimäärin noin 0,0000001 mSv säteilyannoksen.

Yhteyshenkilö: Jani Turunen, Säteilyturvakeskus (jani.turunen@stuk.fi)

3 Radioaktiva ämnen i uteluft

Strålsäkerhetscentralen övervakar halten av luftburna radioaktiva ämnen nära jordytan på åtta orter och försvarsmakten på en ort i Finland (bild 3.1). Nära kärnkraftverken i Lovisa och Olkiluoto har kraftbolagen fyra mätstationer, vars resultat rapporteras i Strålsäkerhetscentralens rapportserie STUK-B.

Insamling av prov

Radioaktiva ämnen i uteluften övervakas genom att stora mängder luft pumpas genom ett filter, varvid de radioaktiva ämnena fastnar i filtret. Ett glasfiberfilter fångar partiklar som kan innehålla radioaktiva ämnen, och ett filter av aktivt kol fångar radioaktiv jodgas. Proven samlas in med en aerosolsamlare som planerats enkom för detta ändamål (bild 3.2). En del av dessa aerosolsamlare har en LaBr_3 -spektrometer som mäter radioaktiviteten i glasfiberfiltret. Ifall halten av radioaktiva ämnen i luften är tillräckligt stor, så kan spektrometern upptäcka dessa medan filtret ännu är i bruk.

Filtren byts ut en eller två gånger i veckan beroende på aerosolsamlarmodellen och sänds till Strålsäkerhetscentralens laboratorium i Helsingfors för att analyseras. Filtren från Kuopios mätstation mäts på plats och resultaten skickas till Helsingfors för analys. I Helsingfors har Strålsäkerhetscentralen utrustning som automatiskt samlar in, hanterar och analyserar preliminära resultat av filtrena. Apparaturen byter filter en gång per dygn.

Hantering och mätning av proven

Med hjälp av noggranna mätningar i laboratorier kan ytterst små mängder radioaktiva ämnen som fastnat i filtren observeras. Filtren mäts med en gammaspektrometer och radionukliderna identifieras utgående från spektrumet. Observationsgränsen uttrycks i $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ och beror bl.a. på vilken nuklid det gäller, hur stor mängd luft som passerat filtret, andra radioaktiva äm-

nen i provet, provets ålder, mättiden, detektorns känslighet samt skyddet mot bakgrundsstrålning (tabell 3.1). Observationsgränserna är i allmänhet under en miljarddel av den koncentrationnivå som skulle föranleda åtgärder för att skydda befolkningen. Mätssystemen, som finns i en del av aerosolsamlarna och som övervakar halten av radioaktiva ämnen i filtren medan dessa ännu är i bruk, är inte tillräckligt känsliga för att ersätta laboratorieanalyser.

Mätresultat

Avvikande upptäckter av konstgjorda radioaktiva ämnen i uteluften under år 2015 presenteras i tabell 3.2. I mars och april år 2015 upptäcktes en liten mängd radioaktivt ^{131}I i partikelform i prov från alla orter. Radioaktivt jod upptäcktes också på andra ställen i Nordeuropa. I maj upptäcktes små mängder av tre olika radioaktiva nuklider i Kotka och fem olika nuklider i Rovaniemi. I oktober upptäcktes små mängder av fyra olika nuklider i ett prov från Helsingfors. Dessutom gjordes under år 2015 några enskilda upptäckter av nuklider (^{60}Co och ^{131}I). Alla dessa upptäckta konstgjorda nuklider uppstår i kärnkraftverk i bruk. Jod-131 tillverkas dessutom för medicinskt bruk.

I bild 3.3 och 3.4 visas medeltalskoncentrationen av ^{137}Cs periodvis för varje mätstation. Under våren mäts vanligtvis högre halter av ^{137}Cs p.g.a. gammalt nedfall som följer med damm som stiger upp från marken. Bild 3.5. presenterar månadsmedeltal av ^{137}Cs -koncentrationen i Helsingforsregionen under en längre tidsperiod. Halten av konstgjorda radioaktiva ämnen i uteluften har varit mycket låg och har inte utgjort någon hälsorisk. År 2015 fick finländarna i medeltal en stråldos på ca $0,0000001 \text{ mSv}$ från konstgjorda radioaktiva ämnen i uteluften.

Kontaktperson: Jani Turunen, Strålsäkerhetscentralen (jani.turunen@stuk.fi)

3 Airborne radioactive substances

STUK operates eight sampling stations for nationwide monitoring of airborne radioactive substances. The Defence Forces has one station (Fig. 3.1). In addition, four samplers are located around each of the nuclear power plants in Loviisa and Olkiluoto. Their results are reported in STUK-B report series.

Sampling

Sampling is performed by filtrating large amounts of air. Airborne radioactive particles are deposited on glass fibre filters whereas charcoal filters are used to trap gaseous iodine. Sampling is performed using specially designed samplers (Fig. 3.2). Some of the samplers have been equipped with a LaBr₃-spectrometer to monitor activity depositing on the filter. These spectrometers enable the detection of artificial radioactivity during sample collection if the activity in the outdoor air is high enough.

The filters are changed once or twice a week depending on the sampler type and are sent to STUK laboratory in Helsinki for analysis. In the Kuopio monitoring station STUK has onsite equipment for filter measurements. These measurements are analysed in Helsinki. The sampler at the STUK offices in Helsinki is robotic: sampling, filter processing, analysis of the first preliminary results are done automatically with a one day filter change interval.

Sample treatment and analysis

Small quantities of radioactive material can be detected in the samples in laboratory analysis. Filters are measured using a high-resolution gamma-ray spectrometer and different radionuclides are identified from the measured spectrum. Nuclide-specific minimum detectable concentrations ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$) depend on the filtered air volume, on the activity of other radionuclides in the sample, on the measuring time and the decay time before the measurement, detection efficiency and the

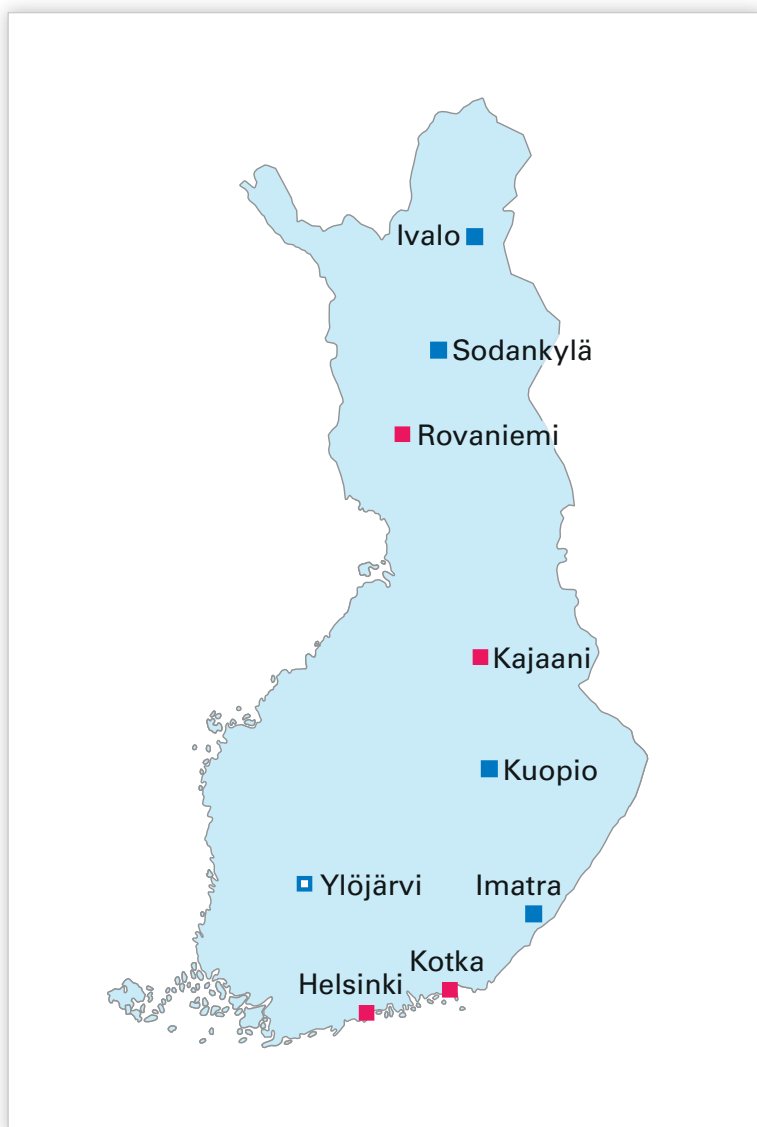
background shield (Table 3.1). Detection limits are typically a billion times smaller than the concentrations which may lead to protective actions being taken. The sampler spectrometers monitoring activity depositing on the filter are not sensitive enough to substitute for filter laboratory analysis.

Results

Detected unusual artificial radioactivity in 2015 is listed in Table 3.2. In March–April 2015 small quantities of ¹³¹I were detected on all monitoring stations. Similar observations were made in other countries in North-Europe. In May a sample collected in Kotka contained small amounts of three different isotopes and a sample collected in Rovaniemi five different isotopes. A sample collected in Helsinki in October contained small amounts of four different isotopes. In addition to these a few observations of ⁶⁰Co and ¹³¹I were made during the year. All of the detected artificial isotopes are produced at nuclear power plants. Iodine-131 is also used in medicine.

The average values of ¹³⁷Cs activity concentrations in outdoor air during the sampling periods at the monitoring stations are shown in Figures 3.3 and 3.4. In the spring time bigger than usual quantities of ¹³⁷Cs are typically detected. This is due to old fallout in the dust rising from the ground. Figure 3.5 shows the longtime trend of monthly average of ¹³⁷Cs activity concentration in the Helsinki area. Airborne artificial radioactive substances were estimated to cause a radiation dose of about 0.0000001 mSv per capita in Finland in 2015.

Contact person: Jani Turunen, Radiation and Nuclear Safety Authority (jani.turunen@stuk.fi)



Kuva 3.1. Ulkoilman ja laskeuman sisältämien radioaktiivisten aineiden monitorointiasemat. Puolustusvoimat ylläpitää Ylöjärven asemaa ja analysoi hiukkaskerääjän näytteet. STUK ylläpitää muita asemia ja analysoi niiden näytteet.

Bild 3.1. Mätstationer för radioaktiva ämnen i uteluft och nedfall. Försvarsmakten har en station i Ylöjärvi och analyserar luftproven. Strålsäkerhetscentralen upprätthåller de övriga stationerna och analyserar proven från dem.

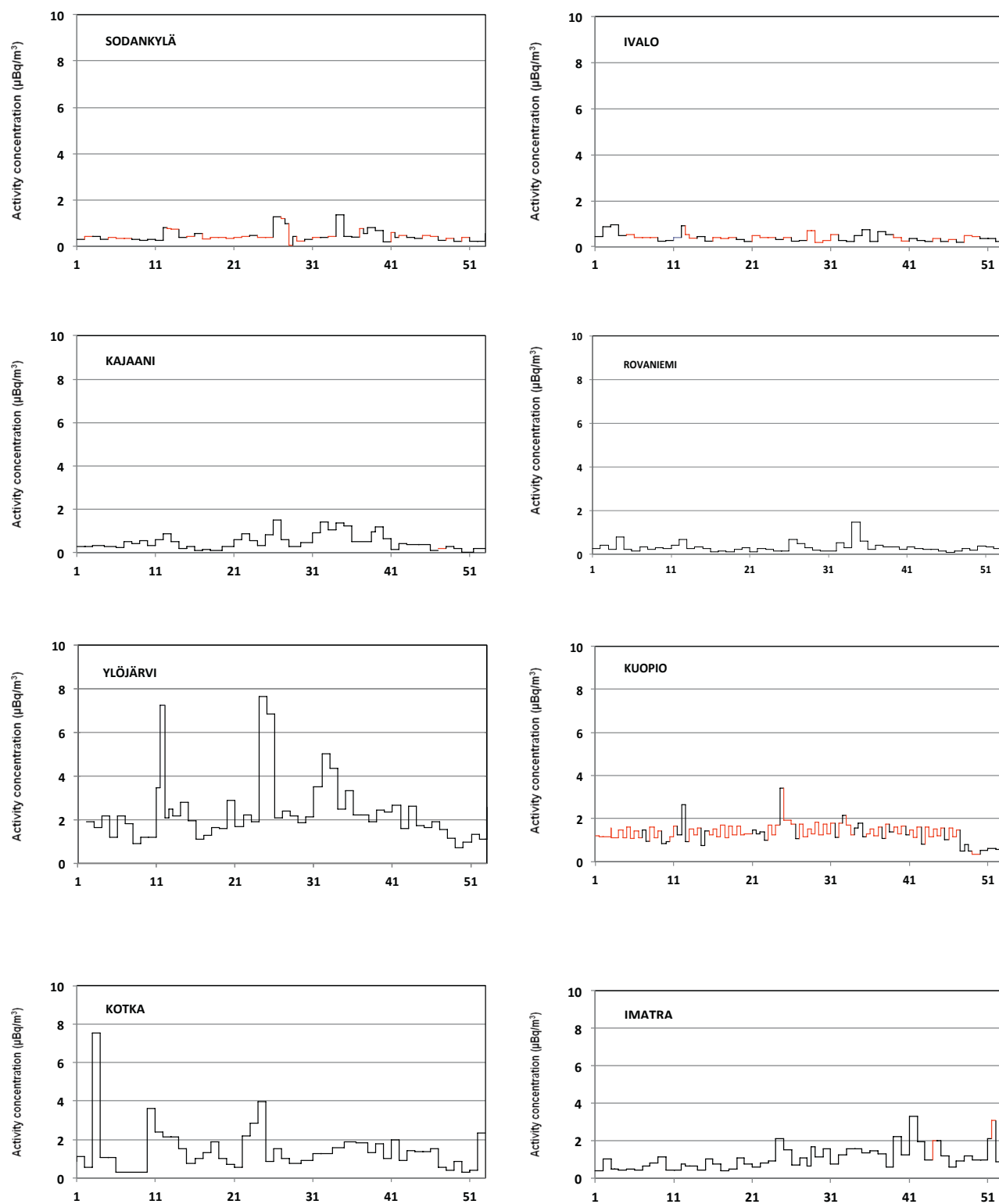
Fig. 3.1. Sampling locations for airborne radioactive substances and deposition. The Defence Forces operates the station at Ylöjärvi. STUK operates the other stations.



Kuva 3.2. Helsingin monitorointiaseman hiukkaskeräjä.

Bild 3.2. Aerosolsamlaren i Helsingfors.

Fig. 3.2. Air sampler at Helsinki monitoring station.



Kuva 3.3. ^{137}Cs -aktiivisuuspitoisuuksien viikkokeskiarvot ulkoilmassa eri valvonta-asetilla vuonna 2015. Punaisella värillä merkityillä jaksoilla ^{137}Cs ei ole havaittu ja kuvaan merkitty lukuarvo on puolet havaitsemisrajasta. Keväällä ^{137}Cs -pitoisuuksissa esiintyy keskimääräistä suurempia arvoja maan pinnalta kohoavan pölyn vuoksi.

Bild 3.3. Veckomedeltal av ^{137}Cs -koncentrationer i uteluften på olika mätstationer år 2015. Under perioderna märkta med rött har inget ^{137}Cs upptäckts och värdet i tabellen motsvarar hälften av observationsgränsen. På våren förekommer högre ^{137}Cs -koncentrationer på grund av damm från jorden.

Fig. 3.3. Weekly averages of airborne ^{137}Cs activity concentrations at different monitoring stations in 2015. During the periods marked with red ^{137}Cs was not observed and the value shown in the graph is half of the detection limit. In the spring time higher than average ^{137}Cs concentrations are detected due to dust rising from the ground.

Taulukko 3.1. Hiukkaskerääjien virtausnopeudet, näytteenvaihtotiheydet sekä eräiden radionuklidien tyypilliset havaitsemisrajat. Lisäksi taulukkoon on merkitty onko asemalla suodattimelle kertyvää radioaktiivisuutta monitoroiva laitteisto.

Tabell 3.1. Luftflödet genom filtret, provtagningsfrekvenserna samt typiska observationsgränser för några radionuklider. Tabellen berättar även om stationen mäter filtrena medan dessa ännu är i bruk.

Table 3.1. Flow rates of the air samplers, the sampling frequencies and typical detection limits for some radionuclides. The station's capability to monitor activity deposited on the filter is also marked in the table.

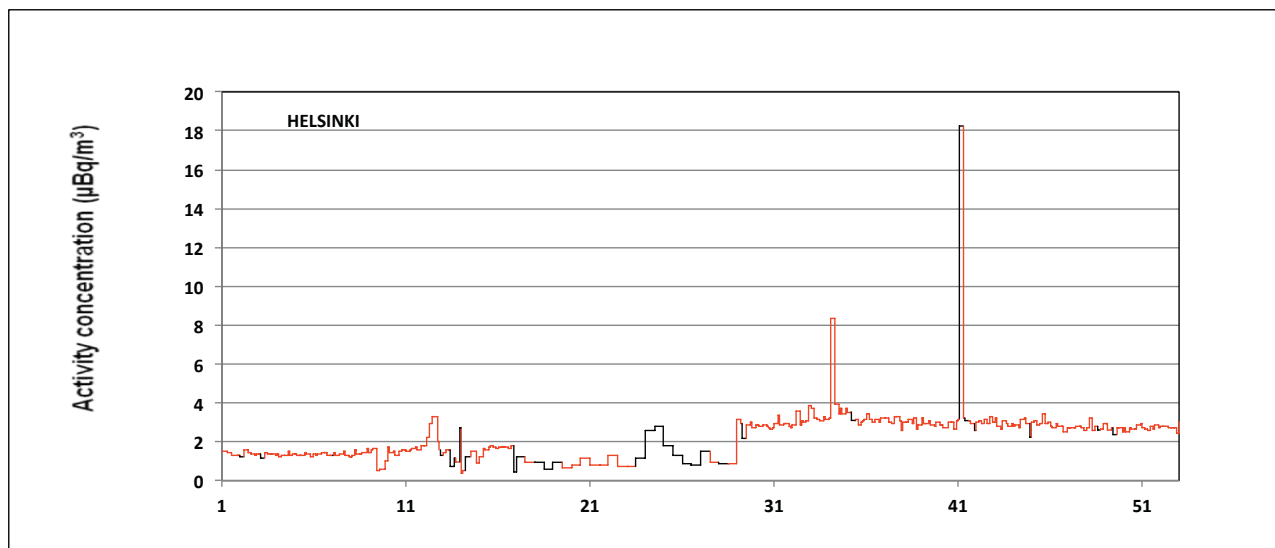
Site	Flow rate (m ³ h ⁻¹)	Sampling frequency (wk ⁻¹)	Typical detection limit (µBq/m ³)			Sampling with on-line monitor
			¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	¹³¹ I	
Helsinki	550	7	2,8	2,8	3,0	yes
Kotka	850	1	0,1	0,1	0,2	yes
Imatra	150	2	0,4	0,4	0,6	yes
Ylöjärvi	150	2	0,3	0,3	0,5	no
Kuopio	150	2	1,2	1,2	1,4	no
Kajaani	850	1	0,1	0,1	0,2	yes
Rovaniemi	850	1	0,1	0,1	0,2	yes
Sodankylä	150	2	0,4	0,4	0,7	no
Ivalo	150	2	0,3	0,3	0,6	no

Taulukko 3.2. Hiukkaskeräysasemilla vuonna 2015 tehdyt poikkeavat keinotekoisien radioaktiivisten aineiden havainnot.

Tabell 3.2. Observationer av de avvikande artificiella radionukliderna i uteluften år 2015.

Table 3.2. Observations of unusual artificial radionuclides in outdoor air during the year 2015.

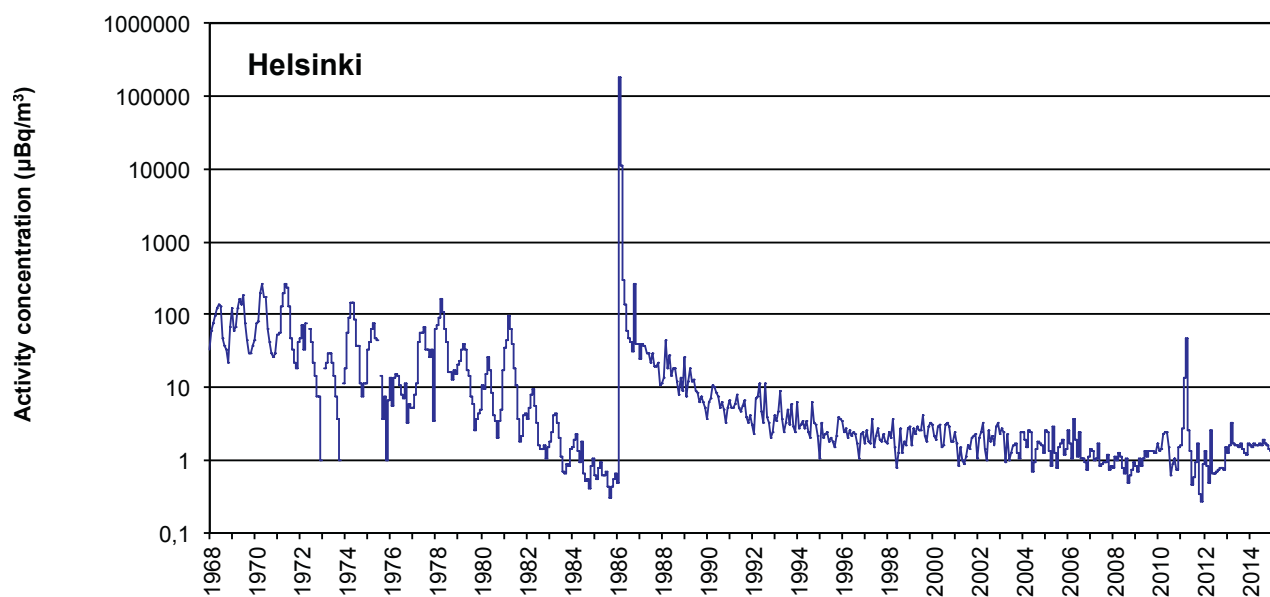
Site	Nuclide	Sampling period	Average concentration µBq/m ³ (one sigma uncertainty %)
Imatra	I-131	16.3. - 19.3.2015	2.0 (23)
Ivalo	I-131	16.3. - 19.3.2015	1.6 (26)
Kuopio	I-131	16.3. - 19.3.2015	2.8 (22)
Sodankylä	I-131	16.3. - 19.3.2015	5.1 (10)
Helsinki	I-131	18.3. - 19.3.2015	6.2 (17)
Kajaani	I-131	16.3. - 23.3.2015	1.0 (8)
Rovaniemi	I-131	16.3. - 23.3.2015	1.6 (7)
Kotka	I-131	17.3. - 23.3.2015	0.42 (12)
Kotka	I-131	23.3. - 30.3.2015	0.35 (17)
Kajaani	I-131	30.3. - 6.4.2015	0.16 (29)
Kotka	I-131	30.3. - 6.4.2015	0.25 (16)
Kotka	Co-60	20.4. - 28.4.2015	0.16 (10)
Kotka	Co-60	4.5. - 11.5.2015	0.29 (12)
	Nb-95		0.21 (14)
	Cs-134		0.27 (13)
Sodankylä	I-131	4.5. - 11.5.2015	0.92 (22)
Rovaniemi	Zr-95	11.5. - 18.5.2015	0.074 (24)
	Nb-95		0.16 (12)
	Ru-103		0.14 (12)
	Cs-134		0.20 (11)
	Ce-141		0.11 (17)
Kotka	Co-60	24.8. - 31.8.2015	0.16 (17)
Helsinki	Mn-54	5.10. - 6.10.2015	0.52 (24)
	Co-60		2.8 (7)
	Cs-134		3.0 (6)
	Cs-137		18 (6)



Kuva 3.4. Ilman ^{137}Cs -aktiivisuuspitoisuuden vuorokausikeskiarvot Helsingissä vuonna 2015. Punaisella värillä merkityillä jaksoilla ^{137}Cs ei ole havaittu ja kuvaan merkitty lukuarvo on puolet havaitsemisrajasta.

Bild 3.4. Dagliga medelvärden av ^{137}Cs -koncentration i uteluft i Helsingfors år 2015. Under perioderna märkta med rött har inget ^{137}Cs upptäckts och värdet i tabellen motsvarar hälften av observationsgränsen.

Fig. 3.4. Daily averages of airborne activity concentration of ^{137}Cs in Helsinki in 2015. During the periods marked with red ^{137}Cs was not observed and the value shown in the graph is half of the detection limit.



Kuva 3.5. Ilman ^{137}Cs -aktiivisuuspitoisuuden kuukausikeskiarvot Helsingin seudulla vuosina 1968–2015. Ennen Tšernobylin onnettomuutta (v. 1986) esiintyvä ^{137}Cs on peräisin ilmakehässä tehdystä ydinasekokeista. Tälle laskeumalle on tyypillistä kuvassa näkyvä vuodenaikaisvaihtelu. Fukushima Daiichin ydinvoimalaitosonnettomuus näkyy piikkinä vuoden 2011 alussa.

Bild 3.5. Månadsmedeltal för ^{137}Cs -koncentrationen i Helsingforsregionen år 1968–2015. ^{137}Cs som förekom före Tjernobyl olyckan (år 1986) härstammar från kärnvapenprov i atmosfären. Årstidsvariationerna som framgår ur bilden är typiska för detta gamla nedfall. Fukushima Daiichi olyckan syns som en pik i början av 2011.

Fig. 3.5. Airborne activity concentrations of ^{137}Cs in Helsinki in 1968–2015. Before the Chernobyl accident in 1986, ^{137}Cs originated from atmospheric nuclear weapon tests. The regular seasonal fluctuation seen in the figure was typical for this old deposition. Fukushima Daiichi accident is seen as a peak at the beginning of year 2011.

4 Ulkoilman kokonaisbeeta-aktiivisuus

Ilmatieteen laitos on seurannut pintailman kokonaisbeeta-aktiivisuutta vuodesta 1959. Vuonna 2015 toiminnassa oli kahdeksan viikkonäytteitä keräävää asemaa (Kuvat 4.1 ja 4.2).

Näytteiden keräys

Näytteet kerätään imemällä ulkoilmaa suodattimien läpi. Suodattimet vaihdetaan maanantaiaamuisin kello 8 Suomen talviaikaa. Keräinlaitteistossa käytetään kahta suorakaiteen muotoista paperi- tai lasikuitusuodatinta, joiden koko on 120 mm x 140 mm. Viikossa suodatettu ilmamäärä paperisuodattimilla on noin 800 m³ ja lasikuitusuodattimilla noin 4 000 m³.

Näytteiden mittaus

Aerosolinäytteiden kokonaisbeeta-aktiivisuus mitataan noin viisi päivää keräyksen lopettamisen jälkeen, jolloin ²²²Rn:n lyhytikäiset tytärnuklidit ovat hajonneet ²¹⁰Pb:ksi ja ²²⁰Rn:n tytärnuklidit pysyväksi ²⁰⁸Pb:ksi. Näin ollen mitattu kokonaisbeeta-aktiivisuus koostuu ²¹⁰Pb:stä sekä mahdollisista keinotekoisista radioaktiivisista aineista.

Mittaukset tehdään automaattisella alfa/beeta-analysaattorilla, jossa ilmaisimina käytetään verrannollisuuslaskureita.

Tulokset

Kuvassa 4.3 on esitetty ulkoilman pitkäikäisen beeta-aktiivisuuden viikottaiset pitoisuudet kahdeksalla seuranta-asemalla vuonna 2015. Käyrät kuvaavat lähinnä ²¹⁰Pb:n pitoisuutta pintailmassa. Pitoisuudet vaihtelivat 29 ja 1 340 µBq/m³ välillä. Koska ilmakehän ²¹⁰Pb on peräisin maaperästä ilmakehään siirtyneestä ²²²Rn:sta, riippuu ²¹⁰Pb:n pitoisuus suursäättilanteesta eli ilmamassojen stabiilisuudesta ja alkuperästä. Korkeimmat pitoisuudet ovat mantereellisissa ilmamassoissa ja pienimmät merellisissä ja arktisissa ilmamassoissa. Vuoden 2015 aikana ei seurantaohjelman puitteissa havaittu poikkeuksellista kokonaisbeeta-aktiivisuutta ilmassa.

Yhteyshenkilö: Jussi Paatero, Ilmatieteen laitos
(jussi.paatero@fmi.fi)

4 Total betaaktivitet i uteluft

Meteorologiska institutet har mätt total betaaktivitet i luft nära markytan sedan år 1959. På åtta stationer samlades aerosolprov varje vecka under året 2015 (Bilder 4.1 och 4.2).

Provtagning

Proven tas genom att luften sugas genom filter. Filtren byts varje måndag klockan 8 enligt finländsk vintertid. I apparaten används två rektangelformiga filter, som består av papper eller glasfiber och som har dimensionen 120 x 140 mm. Luftmängden är ca 800 m³ i veckan genom pappersfiltret och ca 4 000 m³ i veckan genom glasfiberfiltret.

Mätning av proven

Aerosolprovets totala betaaktivitet mäts ca fem dagar efter det proven har tagits, varvid de kortlivade dotternukliderna till ²²²Rn har blivit ²¹⁰Pb och dotternukliderna till ²²⁰Rn har blivit stabilt ²⁰⁸Pb. Den uppmätta totala betaaktiviteten består sålun-

da av ²¹⁰Pb och eventuell konstgjorda radioaktiva ämnen. Mätningarna utförs med en automatisk alfa/beta-analysator med proportionalitetsräknare.

Mätresultat

I bild 4.3 visas koncentrationer av långlivad betaaktivitet på åtta bevakningsstationer under året 2015. Kurvorna visar närmast halten av ²¹⁰Pb i luften nära marken. Halterna varierade mellan 29 och 1 340 µBq/m³. Eftersom atmosfärens ²¹⁰Pb kommer från ²²²Rn i marken, varierar halten av ²¹⁰Pb i takt med väderläget i stort, det vill säga luftmassornas stabilitet och ursprung. De högsta halterna finns i kontinentala luftmassor och de minsta i luft som rört sig ovanför hav eller arktiska områden. Någon exceptionellt hög betaaktivitet kunde inte observeras under året 2015.

Kontaktperson: Jussi Paatero, Meteorologiska institutet (jussi.paatero@fmi.fi)

4 Gross beta activity of ground-level air

The Finnish Meteorological Institute (FMI) has monitored gross beta activity of aerosol particles since 1959. Weekly aerosol samples were collected at eight stations in 2015, using filter sampling (Figures 4.1 and 4.2).

Sample collection

Filters of the samplers operating on a weekly cycle are changed every Monday at 06 UTC. The sampling equipment uses two rectangular paper or glass fibre filters with a filtering area of 120 mm x 140 mm. The weekly air volumes are 800 m³ and 4 000 m³ for paper and glass fibre filters, respectively.

Measurements

The gross beta activity content of the filters are measured five days after the end of sampling when the short-lived radon (²²²Rn) daughters have decayed to ²¹⁰Pb and the thoron (²²⁰Rn) daughters have decayed to stable ²⁰⁸Pb. Therefore the measured gross beta activity consists of ²¹⁰Pb and possible artificial beta emitters. The measurements are carried out with an automatic alpha/beta analyser equipped with proportional counters as detectors.

Results

The observed gross beta activity concentrations at five monitoring stations in 2015 are presented in Figure 4.3. The observations of three stations are not presented due to technical problems at the stations. The curves are essentially records of the concentration of ²¹⁰Pb, the long-lived daughter nuclide of the radioactive noble gas ²²²Rn which enters the atmosphere by diffusion from the ground. The concentrations varied between 29 and 1 340 µBq/m³. Concentration of ²¹⁰Pb depends mainly on the stability and origin of the air masses at the site. The highest concentrations are associated with continental air masses. By contrast, the lowest concentrations are associated with maritime and Arctic air masses because in these areas there are practically no sources of radon. No exceptional beta activity in outdoor air was detected in 2015 within the FMI's monitoring programme.

Contact person: Jussi Paatero, Finnish Meteorological Institute (jussi.paatero@fmi.fi)



Kuva 4.1. Seuranta-asemat vuonna 2015.

Bild 4.1. Bevakningsstationerna under året 2015.

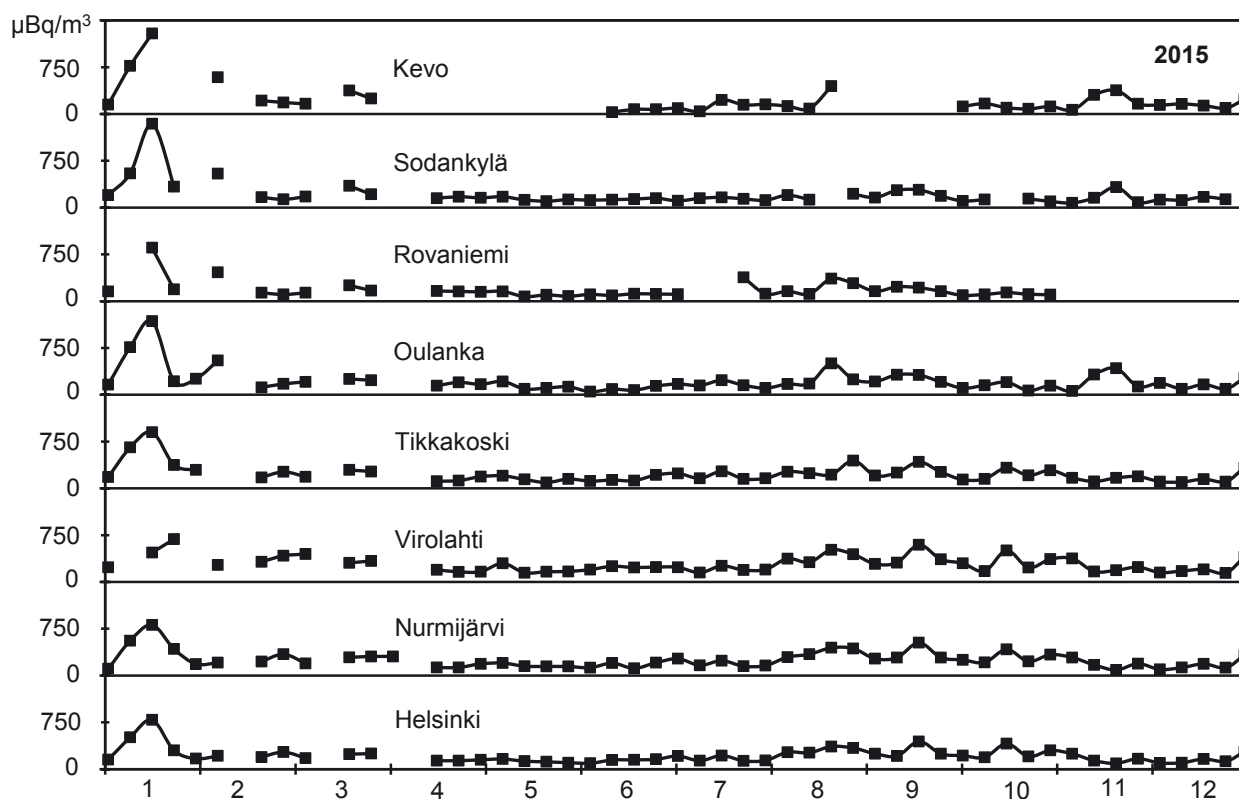
Fig. 4.1. Monitoring stations in 2015.



Kuva 4.2. Seuranta-asema Nurmijärven geofysiikan observatoriolla.

Bild 4.2. Bevakningsstation vid Nurmijärvi geofysikaliska observatoriet.

Fig. 4.2. Monitoring station at the Nurmijärvi geophysical observatory.



Kuva 4.3. Aerosolin pitkäikäisen beeta-aktiivisuuden pitoisuudet ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$) vuonna 2015.

Bild 4.3. Koncentrationer ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$) av långlivad betaaktivitet i aerosoler år 2015.

Fig. 4.3. Concentrations of aerosol-bound long-lived gross beta activity ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$) in 2015.

5 Laskeuman radioaktiiviset aineet

Radioaktiivisella laskeumalla tarkoitetaan pölynä tai sadeveden mukana maahan ja veteen laskeutuneita radioaktiivisia aineita. Laskeumanäytteiden analysointi antaa tietoa eri puolille maata tulevien radioaktiivisten aineiden määrästä ja on lähtökohta selvityksille ja tutkimuksille, jotka käsittelevät radioaktiivisten aineiden kulkeutumista maa- ja vesiympäristössä.

Näytteiden keräys

Laskeumanäytteitä kerätään jatkuvasti samoilla yhdeksällä paikalla kuin ilmanäytteitä (kuva 3.1). Näytteen keräysjakso on tavallisesti yksi kuukausi. Laskeumanäytteet kerätään ruostumattomasta teräksestä valmistetulla laitteella, jonka keräysala on 0,07m². Laite ei erota sateen mukana tullutta märkää laskeumaa ja kuivaa laskeumaa toisistaan, vaan kerää ne yhteen. Talviajan näytteiden keruun helpottamiseksi laitteessa on lämmitysvastus, mikä pitää näytteen sulana ja varmistaa sen, että kaikki keräysastiaan satanut lumi tulee mukaan näytteeseen.

Näytteiden käsittely ja analysointi

¹³⁷Cs näytteet yhdistetään neljännesvuosinäytteiksi ja ⁹⁰Sr näytteet puolivuosi- ja vuosinäytteiksi. Näytteisiin lisätään stabiilia strontiumia ja cesiumia kantajaineiksi, ja näytteet tehdään happamiksi typpihapolle. Näytteet konsentroidaan haihduttamalla lämpölamppujen alla ja haihdutusjäännökset tuhitetaan. Gammasäteilyä lähettävät radioaktiiviset aineet analysoidaan gammaspektrometrisesti tuhitetusta näytteestä. Strontium erotetaan näytteestä ekstraktiokromatografisella menetelmällä, minkä jäl-

keen ⁹⁰Sr määritetään tytärnuklidinsa ⁹⁰Y:n kautta matalataustaisella verrannollisuuslaskurilla.

Kahden aseman sadevesinäytteistä määritetään ¹³⁷Cs lisäksi myös ³H-pitoisuudet. Näytteet tislataan ja ³H mitataan nestetuikespektrometrilla.

Tulokset

Vuoden 1986 jälkeen laskeumanäytteissä havaitut ¹³⁷Cs ja ⁹⁰Sr ovat peräisin pääasiassa Tšernobylin onnettomuudesta. Laskeuman mukana tulleet radioaktiiviset aineet liikkuvat paikallisesti, ja pieni osa niistä joutuu uudelleen ilmaan.

Taulukossa 5.1 on esitetty ¹³⁷Cs- ja ⁹⁰Sr-laskeumat vuonna 2015. Kuukausilaskeumat eri paikkakunnilla olivat pienet, useilla asemilla alle havaitsemisrajan. Yleisimmin käytetyillä mittausajoilla ¹³⁷Cs:n havaitsemisraja on noin 0,1 Bq/m²/3 kk. Havaitsemista voidaan parantaa pidentämällä mittausaikaa. ⁹⁰Sr:n havaitsemisraja on noin 0,03–0,05 Bq/m²/6 kk.

Kuvassa 5.1 on ¹³⁷Cs- ja ⁹⁰Sr-laskeumat Helsingin seudulla vuodesta 1960 alkaen ja kuvassa 5.2 on ¹³⁷Cs- ja ⁹⁰Sr-laskeumat Rovaniemen seudulla vuodesta 1972 alkaen. Ennen vuotta 1986 havaitun laskeuman radioaktiiviset aineet ovat peräisin ilmakehään tehdyistä ydinasekokeista. Tälle laskeumalle on tyypillistä kuvissa näkyvä vuodenaikaisvaihtelu. Sadeveden tritiumpitoisuudet vuonna 2015 olivat pienet, yleensä 1–3 Bq/l (kuva 5.3).

Yhteyshenkilö: Kaisa Vaaramaa, Säteilyturvakeskus (kaisa.vaaramaa@stuk.fi)

5 Radioaktiva ämnen i nedfall

Med radioaktivt nedfall avses radioaktiva ämnen som fallit ner på marken eller i vattnet som dammkorn eller i form av regn. Genom att analysera nedfallsprov får man uppgifter om mängden av radioaktiva ämnen på olika håll i landet. Dessa uppgifter är en utgångspunkt för forskning och avveckling om vandrigen av radioaktiva ämnen i marken och i vattendrag.

Provtagning

Nedfallsprov insamlas fortlöpande på samma nio orter där man tar luftprov (bild 3.1). Provtagningen pågår vanligtvis en månad åt gången. Nedfallsproven tas med en apparat av rostfritt stål med en uppsamlingsyta på 0,07 m². Apparaten skiljer inte på torrt nedfall och vått nedfall som kommit med regn, utan proven slås ihop. På vintern underlättas provtagningen av ett uppvärmningsmotstånd i apparaten, vilket håller provet i smält form och garanterar att all snö som faller på provkärlet kommer med i provet.

Hantering och analys av proven

¹³⁷Cs-proven sammanslås kvartalsvis och ⁹⁰Sr-proven halvårsvis. Man tillsätter stabilt strontium och cesium som bärare och proven försuras med salpetersyra. Proven koncentreras genom att låta dem indunsta under värmelampa, varefter de föraskas. De radioaktiva ämnen som ger gammastrålning analyseras med gammaspektrometer ur de föraskade proven. Strontium avskiljs från proven med extraktionskromatografi, varefter mängden ⁹⁰Sr be-

stäms genom att mäta dotternukliden ⁹⁰Y i en proportionalitetsräknare med låg bakgrundsstrålning.

I regnvattenprov från två stationer bestäms utöver ¹³⁷Cs, även ³H. Proven destilleras och ³H-halten mäts med vätskescintillationsspektrometer.

Resultat

¹³⁷Cs och ⁹⁰Sr som man sett i nedfallsproven efter 1986 härrör huvudsakligen från Tjernobylyckan. De radioaktiva ämnen som kommit med nedfallet rör sig lokalt och en liten del av dem hamnar på nytt i luften.

I tabell 5.1 visas nedfallet av ¹³⁷Cs och ⁹⁰Sr år 2015. Det månatliga nedfallet på de olika orterna var små, vid många mätstationer under detektionsgränsen. Med de vanligaste mättiderna blir detektionsgränsen för ¹³⁷Cs 0,1 Bq/m²/tre månader. Detektionsmöjligheterna kan förbättras genom att förlänga mättiden. Detektionsgränsen för ⁹⁰Sr är ungefär 0,03–0,05 Bq/m²/sex månader.

Bild 5.1 visar nedfallet av ¹³⁷Cs och ⁹⁰Sr i Helsingforsregionen från och med år 1960 och bild 5.2 visar nedfallet av ¹³⁷Cs och ⁹⁰Sr i Rovaniemiregionen från och med år 1972. Nedfallet före år 1986 härrör från kärnvapenprov i atmosfären. Typiskt för detta nedfall är årstidsvariationerna som framgår av bilden. I övrigt var tritiumhalterna låga år 2015, vanligtvis 1–3 Bq/l (bild 5.3).

Kontaktperson: Kaisa Vaaramaa, Strålsäkerhetscentralen (kaisa.vaaramaa@stuk.fi)

5 Radionuclides in deposition

Radioactive substances can be deposited as dry deposition or as wet deposition with rain. The analyses of deposition samples provide information on the regional distribution of deposited radionuclides and establish a basis for research and disquisition concerning the transfer of radioactive substances in terrestrial and aquatic environments.

Sampling

Deposition samples are collected continuously at nine sites, which are the same sites as for air sampling (Fig. 3.1). The usual sampling period is one month. The sampling collectors are made of stainless steel with a surface area of 0.07 m². The deposition samplers do not separate wet and dry deposition, but are collected together. In order to facilitate sampling in wintertime, there is a light heating resistor inside the collector that melts the snow and ice accumulated in the funnel thus ensuring it is included in the sample.

Pre-treatment and analyses

¹³⁷Cs are determined in the quarterly combined samples and ⁹⁰Sr in the semi-annual combined samples. Known amounts of Sr and Cs carriers are added to the samples, and the samples are acidified with nitric acid. The samples are concentrated by evaporating them under infrared thermal lamps, and the residues are ashed. The ashed samples are analysed for gamma-emitting radionuclides with gamma spectrometers. Strontium is separated by an extraction chromatographic method, and thereafter ⁹⁰Sr is determined via its daughter nuclide

⁹⁰Y, measured with a low background proportional beta counter. In addition to ¹³⁷Cs, concentrations of ³H are determined in rainwater samples from two stations. The samples are distilled and then measured with liquid scintillation spectrometry.

Results

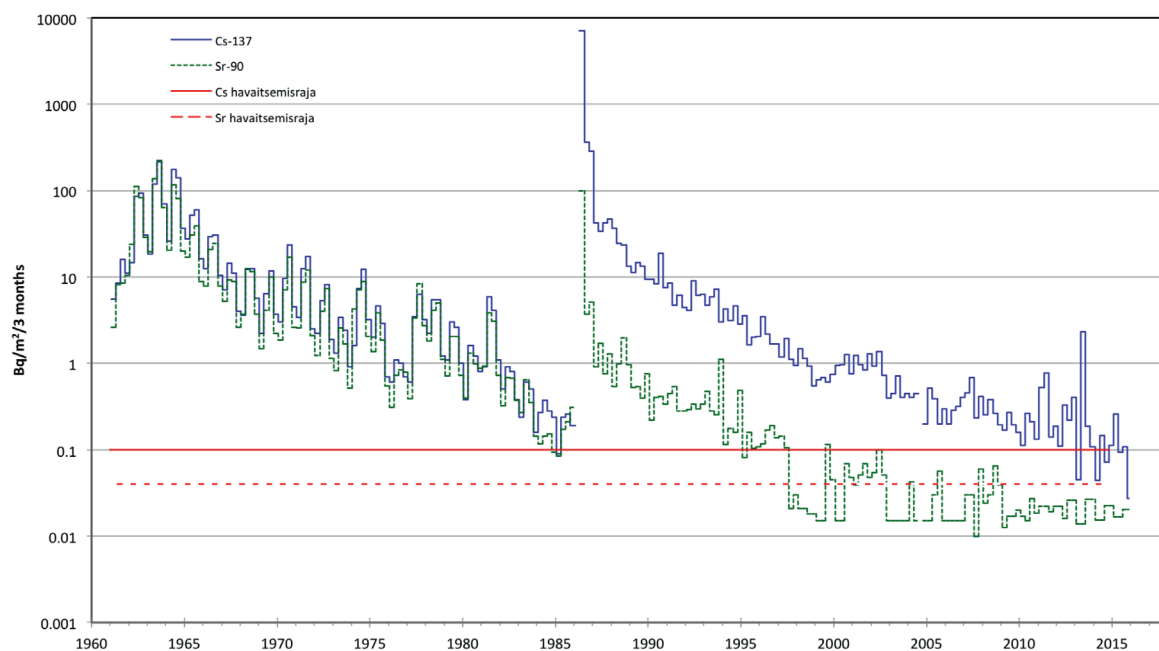
The amounts of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr observed in the deposition samples after 1986 originate mainly from the Chernobyl accident. The deposited radionuclides circulate locally, and a small amount ends up back in the air.

Table 5.1 shows the depositions of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr in 2015. The monthly depositions at the different sites were low, and at some stations were below the detection limit. The most commonly used counting times give ¹³⁷Cs a detection limit of approximately 0.1 Bq/m²/3 months. The detection limit can be lowered using longer counting times. The detection limit of ⁹⁰Sr is approximately 0.03–0.05 Bq/m²/6 months.

Figure 5.1 presents the depositions of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr in the Helsinki area since 1960 and figure 5.2 presents the depositions of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr in the Rovaniemi area since 1972. As the figure 5.1 illustrates, before 1986 the regular seasonal fluctuation is typical of this stratospheric deposition.

In 2015, the concentrations of tritium in rainwater were low, typically 1–3 Bq/l (Fig. 5.3).

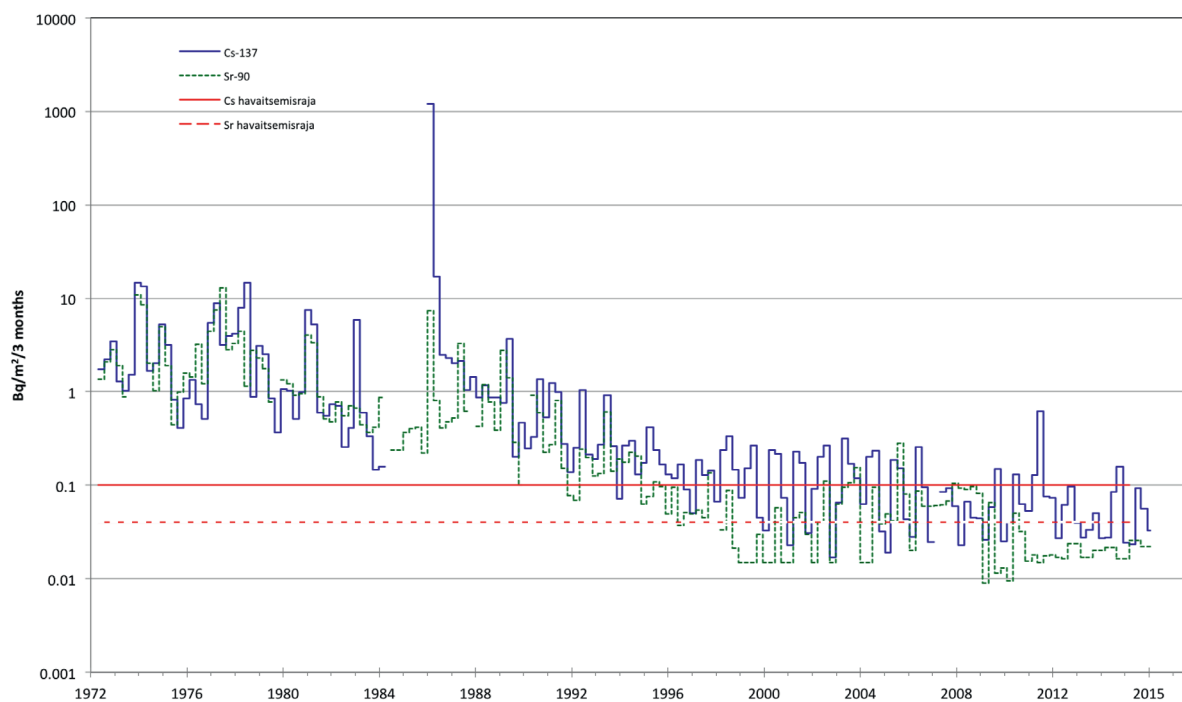
Contact person: Kaisa Vaaramaa, Radiation and Nuclear Safety Authority (kaisa.vaaramaa@stuk.fi)



Kuva 5.1. ^{137}Cs - ja ^{90}Sr -laskeumat Helsingin seudulla 1960–2015.

Bild 5.1. Nedfall av ^{137}Cs och ^{90}Sr i Helsingforsregionen, 1960 till 2015.

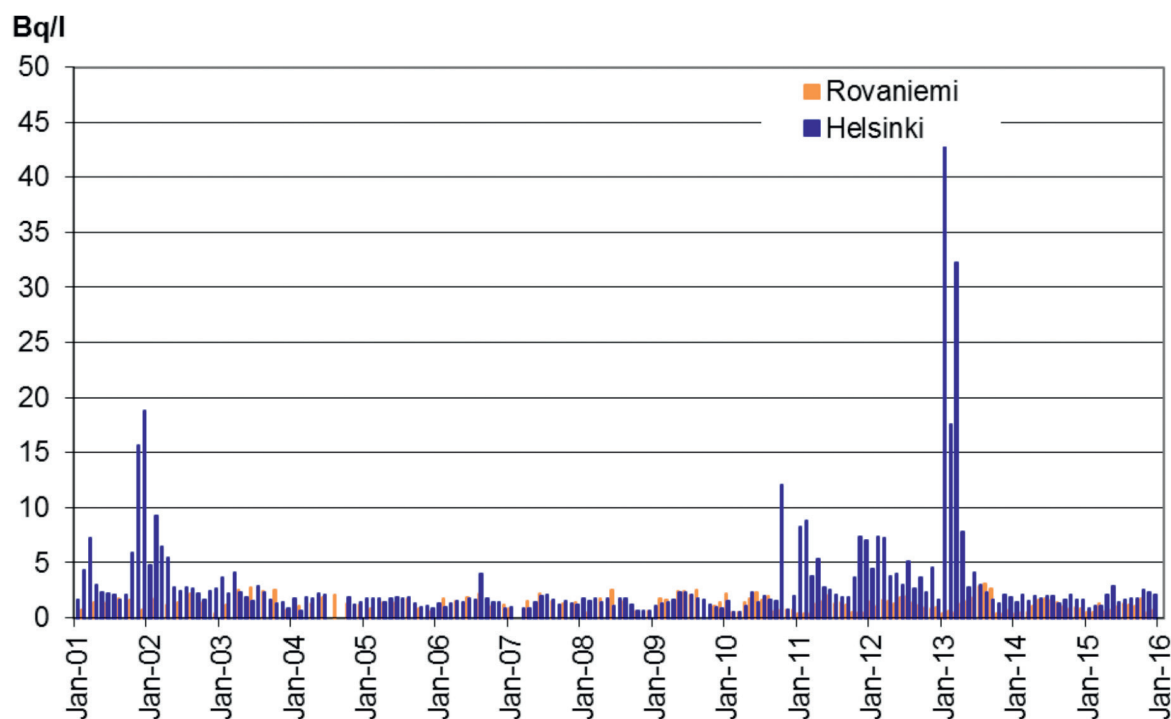
Fig. 5.1. Depositions of ^{137}Cs and ^{90}Sr in the Helsinki area, 1960–2015.



Kuva 5.2. ^{137}Cs - ja ^{90}Sr -laskeumat Rovaniemellä 1972–2015.

Bild 5.2. Nedfall av ^{137}Cs och ^{90}Sr i Rovaniemi, 1972 till 2015.

Fig. 5.2. Depositions of ^{137}Cs and ^{90}Sr in Rovaniemi, 1972–2015.



Kuva 5.3. Tritiumpitoisuudet (Bq/l) Helsingin ja Rovaniemen sadevesinäytteissä 2001–2015.

Bild 5.3. Halter av tritium (Bq/l) i regnvatten i Helsingfors och i Rovaniemi, 2001 till 2015.

Fig. 5.3. Activity concentrations (Bq/l) of tritium (^3H) in rainwater in Helsinki and Rovaniemi, 2001–2015.

Taulukko 5.1. ^{137}Cs - laskeumien neljännesvuosi- ja ^{90}Sr -laskeumien puolivuosisummat eri paikkakunnilla vuonna 2015 (Bq/m^2).

Tabell 5.1. Nedfall av ^{137}Cs under kvartalen och ^{90}Sr under halvåret på olika orter år 2015 (Bq/m^2).

Table 5.1. Quarterly depositions of ^{137}Cs and semi-annual depositions of ^{90}Sr at various stations in 2015 (Bq/m^2).

	^{137}Cs				$^{90}\text{Sr}^*$	
	1 st	2 nd	3 rd	4 th	1 st and 2 nd	3 rd and 4 th
Helsinki	0.3	<0.1	0.1	<0.1	<0.03	<0.04
Imatra	0.1	0.2	0.2	0.2	<0.03	<0.04
Ivalo	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.03	<0.04
Kajaani	0.2	0.4	0.3	<0.1	0.07	<0.04
Kotka	0.2	0.5	0.2	0.2	<0.03	<0.04
Kuopio	<0.1	0.2	0.3	0.1	<0.04	<0.04
Rovaniemi	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.05	<0.04
Sodankylä	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.03	<0.04
Ylöjärvi	0.3	0.5	0.7	0.1	<0.04	<0.04

6 Pintaveden radioaktiiviset aineet

Analysoimalla säännöllisesti pintaveden radioaktiivisia aineita saadaan tietoa niiden ajallisesta käyttäytymisestä. Eri vesistöalueilta otetut näytteet antavat kuvan radionuklidien alueellisesta vaihtelusta Suomessa.

Näytteenotto

Pintavesinäytteitä otetaan kaksi kertaa vuodessa neljän suuren joen, Kymijoen, Kokemäenjoen, Oulujoen ja Kemijoen, suista (kuva 6.1). Näytteenottokuukaudet ovat touko- ja lokakuu.

Näytteiden käsittely ja analysointi

Laboratoriossa näytteisiin lisätään stabiilia strontiumia ja cesiumia kantaja-aineksiksi, ja näytteet tehdään happamiksi typpihapolla. Näytteet konsentroidaan haihduttamalla lämpölamppujen alla kuiviin, jonka jälkeen ne tuhitetaan. Tuhitetuista näytteistä määritetään ^{137}Cs ja mahdolliset muut gammanuklidit gammaspektrometrisesti (kuva 6.2). Strontium erotetaan näytteestä ekstraktio-kromatografisella menetelmällä, ja ^{90}Sr mitataan nestetuikespektrometrillä.

Tulokset

Tšernobylin laskeuman epätasainen alueellinen jakautuminen sekä ^{137}Cs :n ja ^{90}Sr :n erilainen käyttäytyminen vesiympäristössä näkyy edelleen pintavesien tuloksissa. Toisin kuin Tšernobyl-laskeuma, ydinkoelaskeuma jakautui Suomeen lähes tasaisesti. Ydinkoelaskeuman vaikutukset

näkyvät yhä Pohjois-Suomen joissa.

Kymijoessa ^{137}Cs -pitoisuudet ovat edelleen korkeammat kuin ^{90}Sr -pitoisuudet, koska sen valuma-alueelle keväällä 1986 tullut ^{137}Cs -laskeuma oli huomattavasti suurempi kuin sinne tullut ^{90}Sr -laskeuma. Sen sijaan Kemijoessa, jonka valuma-alueelle ^{137}Cs :a tuli huomattavasti vähemmän kuin Kymijoen alueelle, vedestä nopeammin vähenvän ^{137}Cs :n pitoisuudet ovat jo pienemmät kuin hitaammin vedestä poistuvan ^{90}Sr :n.

Vuonna 2015 Kymijoen ^{137}Cs -pitoisuudet olivat noin 10-kertaisia ja ^{90}Sr -pitoisuudet noin 2-kertaisia Kemijoen vastaaviin pitoisuuksiin verrattuna (kuva 6.1). Keväällä 2015 Kokemäenjoen ^{137}Cs -pitoisuus oli korkeampi kuin yleensä. Tämän vuoksi Kokemäenjoesta otettiin eri kohdista näytteitä elokuussa 2015, normaalin näytepisteen lisäksi. ^{137}Cs -pitoisuus lisänäytteissä oli keskimäärin 7 Bq/m^3 , joka on normaalitasoa Kokemäenjoessa. Lokakuussa 2015 Kokemäenjoen cesiumpitoisuus oli normaalitasoa (kuva 6.1). Vuonna 2015 Oulujoen ^{137}Cs -pitoisuudet vaihtelivat välillä $2,8\text{--}3,0 \text{ Bq/m}^3$, jotka ovat normaalitasoa Oulujoessa (kuva 6.1).

Vuonna 2015 ^{137}Cs - ja ^{90}Sr -pitoisuudet olivat samaa tasoa kuin vuonna 2014 Kemijoessa ja Kymijoessa.

Yhteyshenkilö: Kaisa Vaaramaa, Säteilyturvakeskus (kaisa.vaaramaa@stuk.fi)

6 Radioaktiva ämnen i ytvatten

Genom att regelbundet analysera radioaktiva ämnen i ytvattnet får man information om förekomsten av dessa ämnen i vattenmiljön under olika tidpunkter. Prover från olika vattendrag ger en bild av radionuklidernas regionala variation i Finland.

Provtagning

Ytvattenprov tas två gånger om året vid mynningen av fyra stora älvar; Kymmene älv, Kumo älv, Ule älv och Kemi älv (bild 6.1). Proven tas i maj och oktober.

Hantering och analys av proven

I laboratoriet tillsätts strontium- och cesiumbärare till proven och proven försuras med salpetersyra. Proven koncentreras genom att låta dem indunsta under värmelampa, varefter de föraskas. Ur de föraskade proven analyseras ^{137}Cs med gammaspektrometer (bild 6.2). Strontium avskiljs med extraktionskromatografi, varefter mängden ^{90}Sr bestäms med vätskescintillationsspektrometer.

Resultat

Halten av radioaktiva ämnen i ytvattnet visar den ojämna regionala fördelningen av nedfallet från Tjernobyl samt att ^{137}Cs och ^{90}Sr beter sig olika i vattenmiljö. Till skillnad från Tjernobylnedfallet fördelade sig nedfallet från kärnvapenprov nästan

jämnt över hela Finland. Dess påverkan syns fortfarande i resultaten från älvarna i norra Finland.

Eftersom nedfallet av ^{137}Cs på Kymmene älvs avrinningsområde år 1986 var betydligt större än motsvarande nedfall av ^{90}Sr , är halterna av ^{137}Cs i Kymmene älv fortfarande högre än halterna av ^{90}Sr . I Kemi älv däremot, på vars avrinningsområde nedfallet av ^{137}Cs var betydligt mindre än i Kymmene älv, är halterna av ^{137}Cs redan nu lägre än halterna av ^{90}Sr , som försvinner långsammare från vatten än ^{137}Cs .

År 2015 var halterna av ^{137}Cs i Kymmene älv cirka tiofaldiga och halterna av ^{90}Sr cirka tvåfaldiga jämfört med motsvarande halter i Kemi älv (bild 6.1). På våren 2015 var halterna av ^{137}Cs i Kumo älv högre än vanligtvis. På grund av detta togs extra prov från olika ställen i Kumo älv under augusti 2015. ^{137}Cs -halten i dessa extra prov var i medeltal 7 Bq/m³, vilket är normalt i Kumo älv. I oktober 2015 var cesiumhalten i Kumo älv normal (bild 6.1). ^{137}Cs -halterna i Ule älv varierade mellan 2,8 och 3,0 Bq/m³, vilket är normal nivå i Ule älv (bild 6.1). År 2015 var halterna av ^{137}Cs och ^{90}Sr i Kemi älv och Kymmene älv ungefär på samma nivå som år 2014.

Kontaktperson: Kaisa Vaaramaa, Strålsäkerhetscentralen (kaisa.vaaramaa@stuk.fi)

6 Radioactive substances in surface water

The continuous analysis of radioactive substances in surface water produces information on the temporal behaviour of radionuclides in aquatic environments. Samples taken from different water systems show the regional variation in the concentrations of radionuclides in Finland.

Sampling

Samples of surface water are taken twice a year from the mouths of four major rivers in Finland, Kymijoki, Kokemäenjoki, Oulujoki and Kemijoki (Fig. 6.1). Sampling is done in May and October.

Pre-treatment and analyses

In the laboratory, known amounts of Sr and Cs carriers are added to the samples, and are acidified with nitric acid. The samples are concentrated by evaporating them under infrared thermal lamps, after which the dry residues are ashed. Gamma-emitting radionuclides are analysed with gamma spectrometers on the ashed samples (Fig. 6.2). Strontium is separated by an extraction chromatographic method, and ^{90}Sr is measured with a liquid scintillation spectrometer.

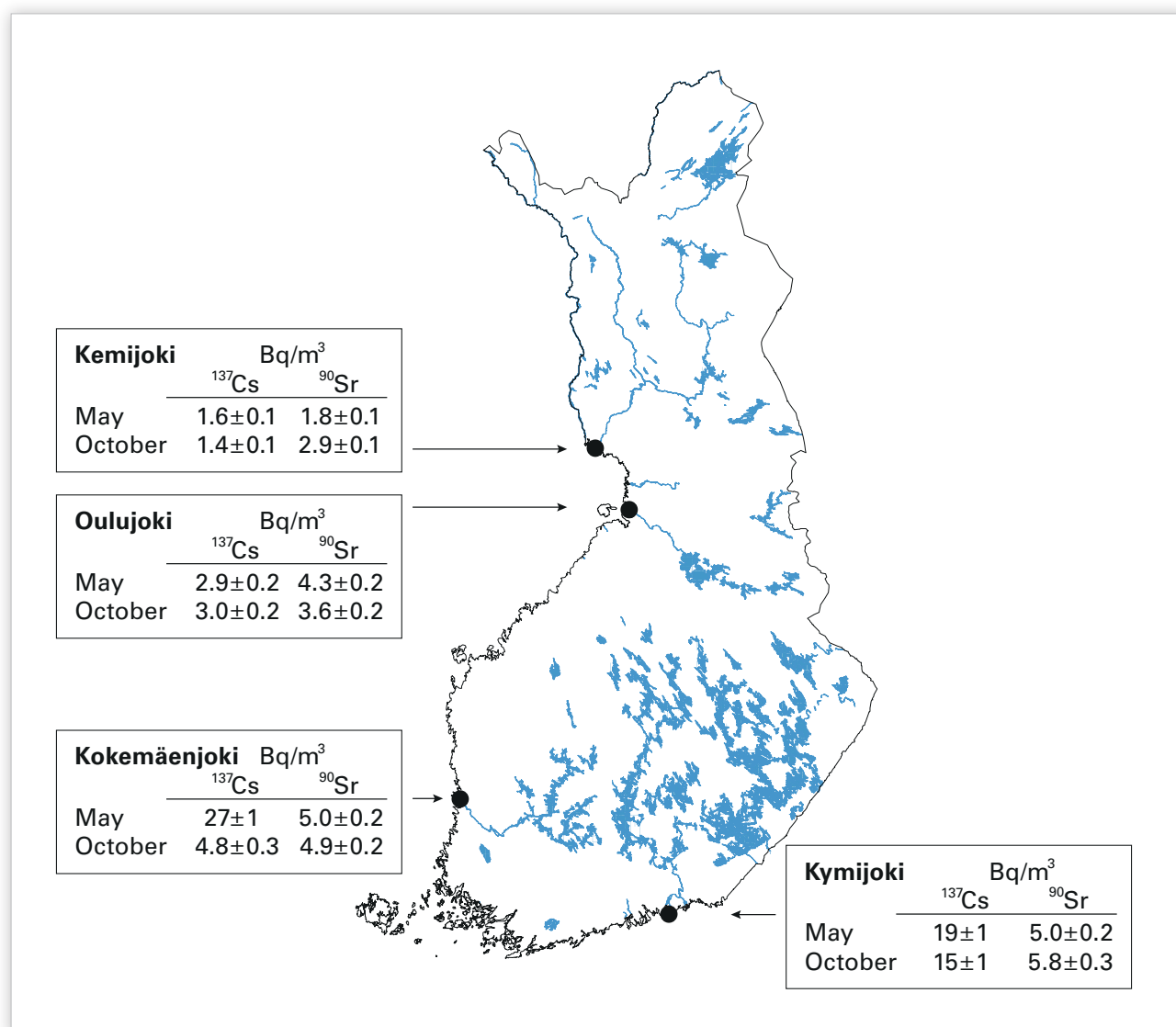
Results

The results of the surface water analyses show the uneven regional distribution of the Chernobyl fallout and the different behaviour of ^{137}Cs and ^{90}Sr in an aquatic environment. The fallout from nuclear weapon tests was quite evenly distributed throughout Finland. Its traces are still observed in the river water from northern Finland.

The ^{137}Cs deposition in spring 1986 in the catchment area of the River Kymijoki was considerably higher than the ^{90}Sr deposition. Therefore, the concentration of ^{137}Cs in the water of this river is still higher than that of ^{90}Sr in spite of the faster decrease of ^{137}Cs . On the other hand, concerning the River Kemijoki, the ^{137}Cs deposition to its catchment area was considerably smaller than to the catchment area of River Kymijoki, and the concentrations of the quickly removing ^{137}Cs are already lower there than those of ^{90}Sr that remains better in the water phase than ^{137}Cs .

The activity concentrations of ^{137}Cs in Kymijoki were about ten times higher and the concentrations of ^{90}Sr two times higher than the respective contents in Kemijoki (Fig. 6.1). In spring 2015, the ^{137}Cs concentration in the River Kokemäenjoki was higher than normally. Because of that, extra samples were taken from different sites of the River Kokemäenjoki in August 2015. The ^{137}Cs concentration of the extra samples were on average 7 Bq/m³, which are normal level in the River Kokemäenjoki. In October, the cesium concentration was normal level (Fig. 6.1). In 2015, the activity concentrations of ^{137}Cs in the River Oulujoki varied between 2.8–3.0 Bq/m³, which are normal level in Oulujoki (Fig. 6.1). In 2015, the levels of ^{137}Cs and ^{90}Sr were about the same as in 2014 in the Kemijoki and Kymijoki.

Contact person: Kaisa Vaaramaa, Radiation and Nuclear Safety Authority (kaisa.vaaramaa@stuk.fi)



Kuva 6.1. Pintaveden näytteenottoaikat ja näytteiden ¹³⁷Cs- ja ⁹⁰Sr-pitoisuudet (Bq/m³) vuonna 2015.

Bild 6.1. Provtagningsplatser för ytvatten samt halter av ¹³⁷Cs och ⁹⁰Sr (Bq/m³) år 2015.

Fig. 6.1. The sampling sites of surface water and the activity concentrations of ¹³⁷Cs (Bq/m³) in year 2015.



Kuva 6.2. Haihdutettu pintavesinäyte mitataan gammaspektrometrilla.

Bild 6.2. Indunstning vattenprovet mäts med gammaspektrometer.

Fig. 6.2. The evaporated surface water sample is measured with a gamma spectrometer.

7 Juomaveden radioaktiiviset aineet

Juomaveden radioaktiivisuutta seurataan, jotta voidaan arvioida ihmiselle keinotekoisesta radioaktiivisuudesta juomaveden kautta aiheutuvaa säteilyaltistusta. Valvontaohjelman näytteistä analysoidaan keinotekoiset radioaktiiviset aineet, joita esiintyy yleensä vain pintavedestä tehdyssä juomavedessä. Juomaveden ^{137}Cs ja ^{90}Sr ovat peräisin pääosin Tšernobyl-laskeumasta ja tritium (^3H) ilmakehässä suoritetuista ydinasekokeista. Suuremman säteilyaltistuksen Suomessa aiheuttavat talousvesissä esiintyvät luonnon radioaktiiviset aineet, joiden enimmäispitoisuuksille vesilaitosten jakamassa vedessä on asetettu enimmäisarvot sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa 1352/2015.

Näytteenotto

Juomavesinäytteet otetaan kaksi kertaa vuodessa, keväällä ja syksyllä, Helsingin, Oulun, Rovaniemen, Tampereen ja Turun vesijohtovedestä (kuvat 7.1 ja 7.2).

Näytteiden käsittely ja analysointi

Näytteistä otetaan ensin osanäytteet ^3H :n aktiivisuuspitoisuuden määrittämistä varten. Loppuosaan näytteitä lisätään strontium- ja cesiumkantajat ja ne tehdään typpihapolla happamiksi. Näytteet konsentroidaan haihduttamalla lämpölampujen alla ja haihdutusjäännökset tuhitetaan. Tuhitetuista näytteistä analysoidaan ^{137}Cs gammaspektrometrisesti. Strontium erotetaan näytteestä ekstraktiokromatografisella menetelmällä, minkä jälkeen ^{90}Sr mitataan nestetuikespektrometrilla. ^3H määrittystä varten näyte tislataan epäpuhtauksien poistamiseksi. ^3H määritetään mitaamalla tislattu näyte nestetuikespektrometrilla.

Tulokset

Kaikkien näytteiden ^{90}Sr - ja ^{137}Cs -pitoisuudet olivat pienet vuonna 2015 vaihdellen välillä alle 0,0001–0,015 Bq/l (taulukko 7.1). Turussa kaikkien näytteiden ^{137}Cs -pitoisuudet olivat lähellä havaitsemisrajaa tai sen alle. Rovaniemellä keväällä otetussa näytteessä ^{137}Cs -pitoisuus oli

alle havaitsemisrajan, mutta syksyllä otetussa näytteessä se oli 0,007 Bq/l. Havaitsemisraja ^{137}Cs :lle on noin 0,0002–0,0003 Bq/l ja ^{90}Sr :lle noin 0,0001–0,0002 Bq/l. Paikkakuntien väliset radionuklidien pitoisuuserot johtuvat sekä erilaisesta Tšernobyl-laskeumasta alueilla että raakavetenä käytettyjen pinta- ja pohjavesien määristä. Tampereen raakavesi sisältää sekä pinta- että pohjavettä. Rovaniemellä käytetään yksinomaan pohjavettä. Helsingissä ja Oulussa juomavesi on lähes kokonaan pintavettä. Syksystä 2012 lähtien Turussa juomavesi on ollut tekopohjavettä.

Näytteiden ^3H -pitoisuudet olivat joko alle havaitsemisrajan tai hieman havaitsemisrajan yläpuolella 1,1 Bq/l, ja siis paljon pienempiä kuin Euroopan neuvoston direktiivissä (98/83/EY) tai sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa 1352/2015 talousveden ^3H asetettu enimmäisarvo 100 Bq/l (taulukko 7.1).

Säteilyannokset

Juomaveden ^3H :sta, ^{90}Sr :sta ja ^{137}Cs :sta yhteensä aiheutuva säteilyannos vaihteli välillä 0,00002–0,0002 mSv eri paikkakunnilla vuonna 2015; Oulussa ja Tampereella se oli noin 0,0001 mSv, Rovaniemellä 0,00005 mSv ja Turussa 0,00002 mSv. Oulun juomavedestä saatu annos oli noin puolet Helsingin annoksesta, mutta noin viisinkertainen Turun vedestä saatuun annokseen verrattuna. Helsingissä ^3H :n osuus juomaveden aiheuttamasta säteilyannoksesta oli vain 5 %, loppuosa aiheutui ^{90}Sr :sta (43 %) ja ^{137}Cs :sta (52 %). ^3H :n osuus säteilyannoksesta oli suurin Turussa, noin 60 % ja ^{90}Sr :n osuus säteilyannoksesta oli suurin Tampereella, noin 70 %. Arviossa on juomaveden kulutukseksi oletettu 2 litraa päivässä.

Laskuissa on käytetty annosmuuntokertoimia, jotka on esitetty Säteilyturvakeskuksen säteilyturvallisuusohjeessa ST 7.3.

Yhteyshenkilö: Kaisa Vaaramaa, Säteilyturvakeskus (kaisa.vaaramaa@stuk.fi)

7 Radioaktiva ämnen i dricksvatten

Man övervakar radioaktiviteten i dricksvatten för att kunna beräkna hur stor strålningsexponering dricksvatten utgör. Ur proven i detta övervakningsprogram analyseras artificiella radioaktiva ämnen som i allmänhet endast förekommer i dricksvatten som består av ytvatten. Cesium (^{137}Cs) och strontium (^{90}Sr) i dricksvatten härrör huvudsakligen från nedfallet efter olyckan i Tjernobyl och tritium (^3H) härrör från kärnvapenprov i atmosfären. Den största strålningsexponeringen av hushållsvatten i Finland orsakas dock av naturliga radioaktiva ämnen, för vilka Social- och hälsovårdsministeriet har satt gränsvärden (Förordning 1352/2015).

Provtagning

Dricksvattenprov tas två gånger om året, på våren och på hösten, ur vattenledningarna i Helsingfors, Uleåborg, Rovaniemi, Tammerfors och i Åbo (bild 7.1 och 7.2).

Hantering och analys av proven

Ur proven tar man först delprov för att bestämma halten av ^3H . Till resten av provet tillsätts Sr- och Cs-bärare och provet försuras med salpetersyra. Proven koncentreras genom att låta dem indunsta under värmelampa, varefter de föraskas. Ur de föraskade proven analyseras ^{137}Cs med gammaspektrometer. Strontium avskiljs ur provet med extraktionskromatografisk metod och halten av ^{90}Sr mäts med vätskescintillationsspektrometer. För att bestämma tritium destilleras provet så att orenheter avlägsnas. Halten av ^3H bestäms genom att mäta det destillerade provet med vätskescintillationsspektrometer.

Resultat

Halterna av ^{90}Sr och ^{137}Cs i alla dricksvattenprov var låga år 2015 och de varierade mellan under 0,0001 och 0,015 Bq/l (tabell 7.1). I Åbo var halterna av ^{137}Cs nära eller under detektionsnivån. I ett prov taget på våren i Rovaniemi var ^{137}Cs -halten under detektionsnivån, men i ett prov taget på hösten var det 0,007 Bq/l. Detektionsnivån för ^{137}Cs var cirka 0,0002–0,0003 Bq/l och cirka

0,0001–0,0002 Bq/l för ^{90}Sr . Skillnaderna mellan halterna i dricksvatten på olika orter beror på skillnader i Tjernobylnedfallet samt på att mängderna ytvatten och grundvatten i råvattnet är olika. Råvattnet för dricksvatten i Tammerfors innehåller både ytvatten och grundvatten. I Rovaniemi används enbart grundvatten. I Helsingfors och Uleåborg är dricksvattnet nästan helt och hållet ytvatten. Från och med hösten 2012 är dricksvattnet i Åbo nytt konstgjord grundvatten.

Halterna av ^3H var antingen under detektionsnivån eller 1,1 Bq/l och låg alltså mycket under gränsvärdet enligt Europarådets direktiv (98/83/EG) som anger gränsvärdet 100 Bq/l för tritium i hushållsvatten (tabell 7.1).

Stråldoser

Den sammanlagda stråldosen orsakad av ^3H , ^{90}Sr och ^{137}Cs i dricksvatten varierade mellan 0,00002–0,0002 mSv på olika orter år 2015; i Uleåborg och i Tammerfors var dosen cirka 0,0001 mSv, i Rovaniemi 0,00005 mSv och i Åbo 0,00002 mSv. Dosen från dricksvattnet i Uleåborg var ungefär hälften av dosen i Helsingfors men ungefär femfaldig jämfört med dosen i Åbo. I Helsingfors orsakade ^3H cirka 5 procent av dosen; resten var orsakad av ^{137}Cs (52 %) och ^{90}Sr (43 %). Andelen av ^3H av dosen var störst i Åbo, cirka 60 procent och andelen av ^{90}Sr var störst i Tammerfors, cirka 70 procent. Dricksvattenkonsumtionen har antagits vara två liter per dygn.

I beräkningarna har man använt doskonversionskoefficienter som presenteras i Strålsäkerhetscentralens Strålskyddsdirektiv 7.3.

Kontaktperson: Kaisa Vaaramaa, Strålsäkerhetscentralen (kaisa.vaaramaa@stuk.fi)

7 Radioactive substances in drinking water

Drinking water is monitored to estimate the internal radiation dose people receive from artificial radionuclides via drinking water. Artificial radionuclides, which are normally found in drinking water comprised of surface water, are analysed in this monitoring programme. Cesium (^{137}Cs) and strontium (^{90}Sr) observed in drinking water mainly originate in the Chernobyl deposition, whereas tritium (^3H) originates in the deposition from atmospheric nuclear weapon tests. Most radiation exposure via drinking water in Finland comes from natural radionuclides in the ground water. The action limits of the maximum concentrations of natural radionuclides are issued by the Ministry of Social Affairs and Health (Degree 1352/2015).

Sampling

Drinking water samples are collected twice a year, in the spring and autumn. Samples are taken from tap water in Helsinki, Oulu, Rovaniemi, Tampere and in Turku (Fig. 7.1 and 7.2).

Pre-treatment and analysis

First, a subsample is taken from the samples for ^3H analysis. Known amounts of Sr and Cs carriers are added to the rest of the samples, which are then acidified with nitric acid. The samples are concentrated by evaporating them under infrared thermal lamps and by ashing the dry residues. Gamma-emitting radionuclides are analysed with gamma spectrometers on the ashed samples. Strontium is separated by an extraction

chromatographic method, after which ^{90}Sr is measured with a liquid scintillation spectrometer. The samples for ^3H analysis are distilled until dry to remove any impurities. ^3H is determined by measuring the distilled samples with a liquid scintillation spectrometer.

Results

Activity concentrations of ^{90}Sr and ^{137}Cs in all the samples were low in 2015, varying from below 0.0001 to 0.015 Bq/l (Table 7.1). In Turku, the activity concentrations of ^{137}Cs in all samples were below or slightly over the detection limit. In Rovaniemi the activity concentration of ^{137}Cs was below the detection limit in the spring, but in the autumn it was 0.007 Bq/l. The detection limits for ^{137}Cs were approximately 0.0002–0.0003 Bq/l and for ^{90}Sr 0.0001–0.0002 Bq/l. The differences between the sites are due to differences in Tšernobyl deposition in the areas and the divergent amounts of surface and ground water used as raw water. The raw water of Tampere consists of both surface and ground water. In Rovaniemi raw water is drawn exclusively from ground water. In Helsinki and Oulu, drinking water is drawn almost entirely from surface water. Since autumn 2012, the drinking water in Turku has been man-made ground water.

The activity concentrations of ^3H were below or slightly over the detection limit 1.1 Bq/l (Table 7.1), thus being well below the limit of 100 Bq/l that has been set for ^3H in household water by the European Commission Regulation (98/83/EY).

Radiation doses

The radiation dose induced by ^3H , ^{90}Sr and ^{137}Cs in drinking water varied between 0.00002–0.0002 mSv at the various sites in 2015; in Oulu and in Tampere, the doses were approximately 0.0001 mSv, and in Rovaniemi 0.00005 mSv and in Turku 0.00002 mSv. The radiation dose received via drinking water in Oulu was approximately half that in Helsinki but five times higher than the dose in Turku. In Helsinki the contribution of ^3H to the dose was 5%, the rest was caused by ^{137}Cs (52%) and ^{90}Sr (43%). The contribution of ^3H to the dose was highest in Turku (about 60%), and that of ^{90}Sr was highest in Tampere (about 70%). The consumption of drinking water is assumed to be 2 litres per day.

The calculations were made using dose conversion factors given in the Regulatory Guides on radiation safety (ST Guide 7.3).

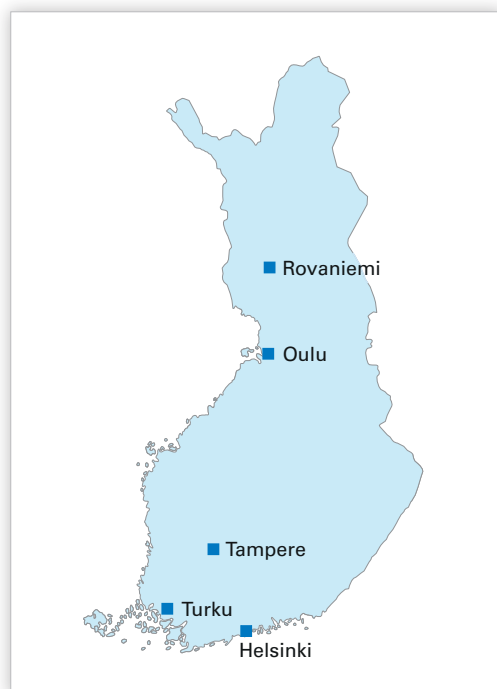
Contact person: Kaisa Vaaramaa, Radiation and Nuclear Safety Authority (*kaisa.vaaramaa@stuk.fi*)

Taulukko 7.1. Juomaveden ^3H -, ^{90}Sr - ja ^{137}Cs -pitoisuudet (Bq/l) Helsingissä, Oulussa, Rovaniemellä, Tampereella ja Turussa.

Tabell 7.1. Halter av ^3H -, ^{90}Sr och ^{137}Cs i dricksvatten (Bq/l) i Helsingfors, Uleåborg, Rovaniemi, Tammerfors och Åbo.

Table 7.1. The concentrations of ^3H -, ^{90}Sr and ^{137}Cs in drinking water (Bq/l) in Helsinki, Oulu, Rovaniemi, Tampere and Turku.

City	Sampling date	^3H , Bq/l	^{90}Sr , Bq/l	^{137}Cs , Bq/l
Helsinki	15.4.2015	<1.0	$0.005 \pm 5\%$	$0.013 \pm 6\%$
	14.10.2015	0.9 ± 0.3	$0.005 \pm 5\%$	$0.015 \pm 5\%$
Oulu	13.4.2015	<1.0	$0.004 \pm 5\%$	$0.003 \pm 8\%$
	12.10.2015	1.1 ± 0.3	$0.003 \pm 5\%$	$0.002 \pm 12\%$
Rovaniemi	14.4.2015	<1.0	<0.0002	<0.0003
	19.10.2015	<1.0	$0.0002 \pm 18\%$	$0.007 \pm 6\%$
Tampere	7.4.2015	<1.0	$0.003 \pm 5\%$	$0.001 \pm 8\%$
	19.10.2015	<1.0	$0.003 \pm 5\%$	$0.002 \pm 13\%$
Turku	14.4.2015	1.1 ± 0.3	<0.0001	$0.0002 \pm 23\%$
	13.10.2015	<1.0	$0.0004 \pm 15\%$	<0.0003



Kuva 7.1. Juomaveden keräyspaikkakunnat.

Bild 7.1. Provtagningsorter för dricksvatten.

Fig. 7.1. The sampling sites for drinking water samples.



Kuva 7.2. Juomavesinäytteet otetaan suoraan vesijohtovedestä.

Bild 7.2. Dricksvattenprov tas direkt från vattenledning.

Fig. 7.2. Drinking water samples are taken straight from tap water.

8 Maidon radioaktiiviset aineet

Tämä valvontaohjelma antaa kuvan maidon radioaktiivisuustasosta ja maidon kautta aiheutuvasta säteilyannoksesta. Ihmisten eniten käyttämät elintarvikkeet ovat maataloustuotteita. Ravintoketjussa ympäristössä olevat radioaktiiviset aineet siirtyvät tehokkaasti rehun kautta maitoon. Maidon kulutus on runsasta, joten maidon radioaktiivisten aineiden seuranta on tärkeää. Säteilyvalvontaohjelman meijerit on valittu sellaisilta paikkakunnilta, että saadaan mahdollisimman kattava kuva Suomessa tuotetun maidon radioaktiivisten aineiden pitoisuuksista. Paikkakunnat edustavat myös erilaisia laskeumatasoja.

Näytteenotto

Näytteet kerätään meijereistä, jotka sijaitsevat Joensuussa, Jyväskylässä, Oulussa, Riihimäellä ja Seinäjoella (kuva 8.1). Viikoittain kerättävät näytteet pakastetaan ja yhdistetään STUKissa analysointia varten.

Näytteiden käsittely ja analysointi

Näytteet konsentroidaan haihduttamalla ja tuhitetaan ennen niiden analysointia. Tuhitetuista yhdistetyistä näytteistä määritetään ^{137}Cs -pitoisuus gammaspektrometrisesti. Strontium erotetaan näytteestä ekstraktiokromatografisella menetelmällä (kuva 8.3), minkä jälkeen ^{90}Sr mitataan nestetuikespektrometrilla.

Tulokset

Meijerimaidon ^{137}Cs :n ja ^{90}Sr :n alueelliset aktiivisuuspitoisuudet (Bq/l) vuonna 2015 on esitetty neljännesvuosi- ja vuosikeskiarvoina taulukossa 8.1. Meijerimaidon ^{137}Cs -pitoisuudet vaihtelivat välillä 0,2–1,5 Bq/l. Maidon ^{137}Cs -pitoisuudet olivat korkeimmat niillä alueilla, joille tuli eniten Tšernobylin onnettomuudesta johtuvaa laskeumaa. Kuvassa 8.2 on esitetty maidon keskimääräinen ^{137}Cs -pitoisuus Etelä-Suomessa tuotetussa maidossa vuodesta 1960 lähtien. Näytteenottoalueet ovat vaihdelleet eri aikoina.

Maidon ^{137}Cs -pitoisuudet ovat jo lähes samaa tasoa kuin ennen Tšernobylin ydinvoimalaitosonnettomuutta. Havaitut pitoisuudet ovat alle tuhannesosan siitä toimenpidetasosta ja elintarvikekaupan raja-arvosta (1 000 Bq/l), jota sovelletaan Euroopan unionin alueella säteilyonnettomuuden jälkeisessä tilanteessa (87/3954/Euratom, 89/2218/EEC).

Maidosta aiheutuva säteilyannos vuonna 2015 oli 0,0005–0,0017 mSv, josta ^{90}Sr :n osuus oli runsas kymmenesosa. Arviossa on oletettu maidon kulutukseksi 140 litraa vuodessa henkilöä kohti (Maatilatilastollinen vuosikirja 2008).

Yhteyshenkilö: Kaisa Vaaramaa, Säteilyturvakeskus (kaisa.vaaramaa@stuk.fi)

8 Radioaktiva ämnen i mjölk

Detta program för strålningsövervakning ger en bild av radioaktivitetsnivån i mjölk och stråldosen som fås via mjölk. Jordbruksprodukter är de livsmedel som befolkningen använder mest. I näringskedjan förflyttar sig radioaktiva ämnen i miljön mycket effektivt via foder till mjölk. Eftersom mjölkkonsumtionen är hög, är det viktigt att övervaka radioaktiva ämnen i mjölk. Mejerierna i programmet för strålningsövervakning har valts ut på sådana orter att man får en tillräckligt täckande bild över radioaktivitetshalterna i mjölken som produceras i Finland. Orterna representerar också olika nedfallsnivåer.

Provtagning

Proven tas vid mejerier i Joensuu, Jyväskylä, Uleåborg, Riihimäki och Seinäjoki (bild 8.1). Proven samlas in varje vecka och fryses ner. Proven sammanställs för analys i STUK.

Hantering och analys av proven

Proven indunstas under värmelampa och föraskas innan analysen. Bestämningen av ^{137}Cs och ^{90}Sr görs ur prov som slagits samman. Halten av ^{137}Cs bestäms med gammaspektrometer. Strontium avskiljs först med extraktionskromatografisk metod (bild 8.3), varefter halten av ^{90}Sr mäts med vätskescintillationsspektrometer.

Resultat

I tabell 8.1 presenteras de regionala års- och kvartalsmedeltalen av ^{137}Cs - och ^{90}Sr -halterna i mejerimjölk (Bq/l) år 2015. ^{137}Cs -halten i mejerimjölk varierade mellan 0,2–1,5 Bq/l. Halterna av ^{137}Cs i mjölken var högre på de områden där nedfallet efter Tjernobylyolyckan var som störst. I bild 8.2 visas halterna av ^{137}Cs sedan 1960-talet i mjölk som producerats i södra Finland. Provtagningsområdet har varierat vid olika tider.

Halterna av ^{137}Cs i mjölk är idag nästan på samma nivå som innan Tjernobyl kärnkraftsolyckan. De observerade halterna är mindre än en tusendel av den åtgärdsnivå och det gränsvärde för livsmedelshandeln (1 000 Bq/l) som tillämpas i Europeiska unionen efter en strålningsolycka (87/3954/Euratom, 89/2218/EEC).

Stråldosen som orsakades av mjölk år 2015 var 0,0005–0,0017 mSv, varav ^{90}Sr utgjorde en andel på drygt 10 procent. Den uppskattade mjölkkonsumtionen var 140 liter per år och person (Lantbruksstatistisk årsbok 2008).

Kontaktperson: Kaisa Vaaramaa, Strålsäkerhetscentralen (kaisa.vaaramaa@stuk.fi)

8 Radioactive substances in milk

The monitoring programme provides information about radioactivity concentration levels in milk produced in Finland. Milk is also monitored in order to estimate the internal radiation dose for people via milk. Agricultural produce forms the greatest part of people's overall consumption of foodstuffs. Grass is an efficient collector of atmospheric contaminants, and radionuclides in the food chain are rapidly transferred through cattle feed to milk. Since milk is consumed in high amounts, it is important to monitor the levels of radioactive substances in it. The sampling sites represent different levels of deposition.

Sampling

The samples are collected from Finnish dairies in Joensuu, Jyväskylä, Oulu, Riihimäki and Seinäjoki (Fig. 8.1). The weekly samples from each sampling site are frozen. The samples are then bulked together for ^{137}Cs and ^{90}Sr analyses in STUK.

Pre-treatment and analysis

The bulked samples are evaporated under infrared thermal lamps and ashed before the analysis. The concentration of ^{137}Cs is determined by gamma spectrometric measurements. Strontium is separated by an extraction chromatographic method (Fig. 8.3) and thereafter ^{90}Sr is measured with a liquid scintillation spectrometer.

Results

The concentrations of ^{137}Cs and ^{90}Sr in dairy milk (Bq/l) by sampling site in 2015 are presented as quarterly and annual means in Table 8.1. The concentration of ^{137}Cs in milk varied between 0.2–1.5 Bq/l. The concentrations were highest in the areas with the highest deposition after the Chernobyl accident. Figure 8.2 presents concentrations of ^{137}Cs in milk produced in southern Finland since the 1960s. The sampling sites have changed throughout the years.

^{137}Cs contents in milk are nearly at the same level as before the deposition caused by the Chernobyl accident. The concentrations of ^{137}Cs observed are about one-thousandth of the action level and the maximum permitted level (1,000 Bq/l), which must be applied within the European Union after a radiation accident (87/3954/Euratom, 89/2218/EEC).

In 2015, the radiation dose received through milk was 0.0005–0.0017 mSv. About 10% of this radiation dose was due to ^{90}Sr . The annual consumption of milk in this dose estimate was assumed to be 140 litres per capita (Yearbook of Farm Statistics 2008).

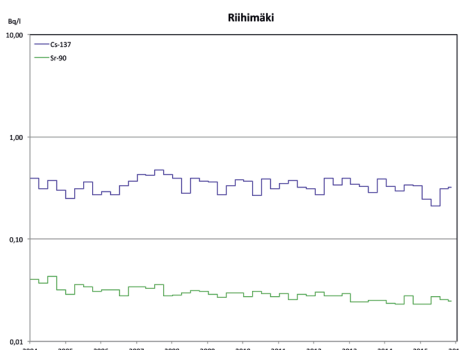
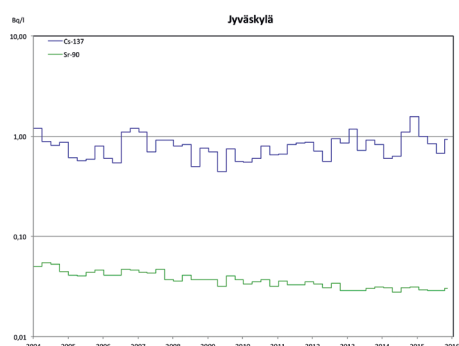
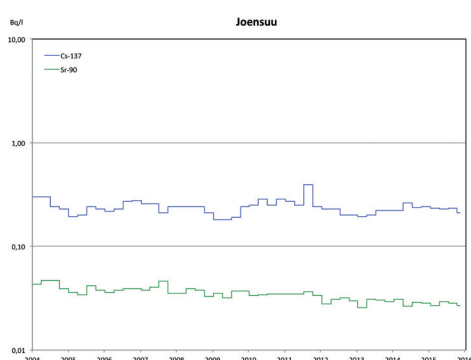
Contact person: Kaisa Vaaramaa, Radiation and Nuclear Safety Authority (kaisa.vaaramaa@stuk.fi)

Taulukko 8.1. ^{137}Cs :n ja ^{90}Sr :n aktiivisuuspitoisuudet (Bq/l) maidossa vuonna 2015, neljännesvuosi- ja vuosikeskiarvot.

Tabell 8.1. ^{137}Cs - ja ^{90}Sr -halter (Bq/l) i mjölk år 2015, kvartals- och årsmedeltal.

Table 8.1. The concentrations of ^{137}Cs and ^{90}Sr (Bq/l) in milk in 2015, quarterly and annual means.

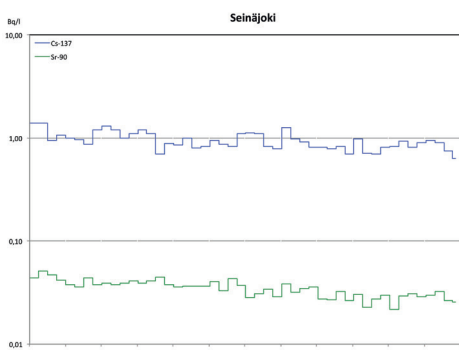
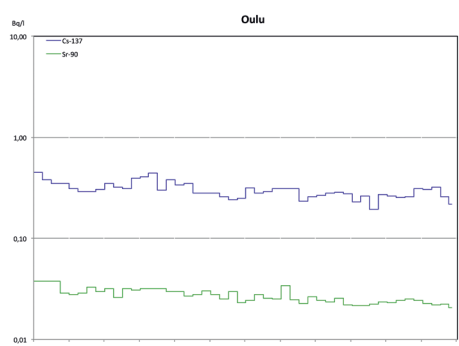
Site	1.1.–31.3.		1.4.–30.6.		1.7.–30.9.		1.10.–31.12.		1.1.–31.12.	
	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr
Joensuu	0.23	0.027	0.23	0.029	0.23	0.029	0.21	0.027	0.23	0.028
Jyväskylä	1.00	0.029	0.83	0.029	0.68	0.029	0.92	0.030	0.86	0.029
Oulu	0.31	0.023	0.32	0.022	0.26	0.022	0.22	0.021	0.28	0.022
Riihimäki	0.24	0.023	0.21	0.027	0.31	0.026	0.32	0.025	0.27	0.025
Seinäjoki	0.94	0.030	0.90	0.032	0.74	0.027	0.63	0.026	0.80	0.029

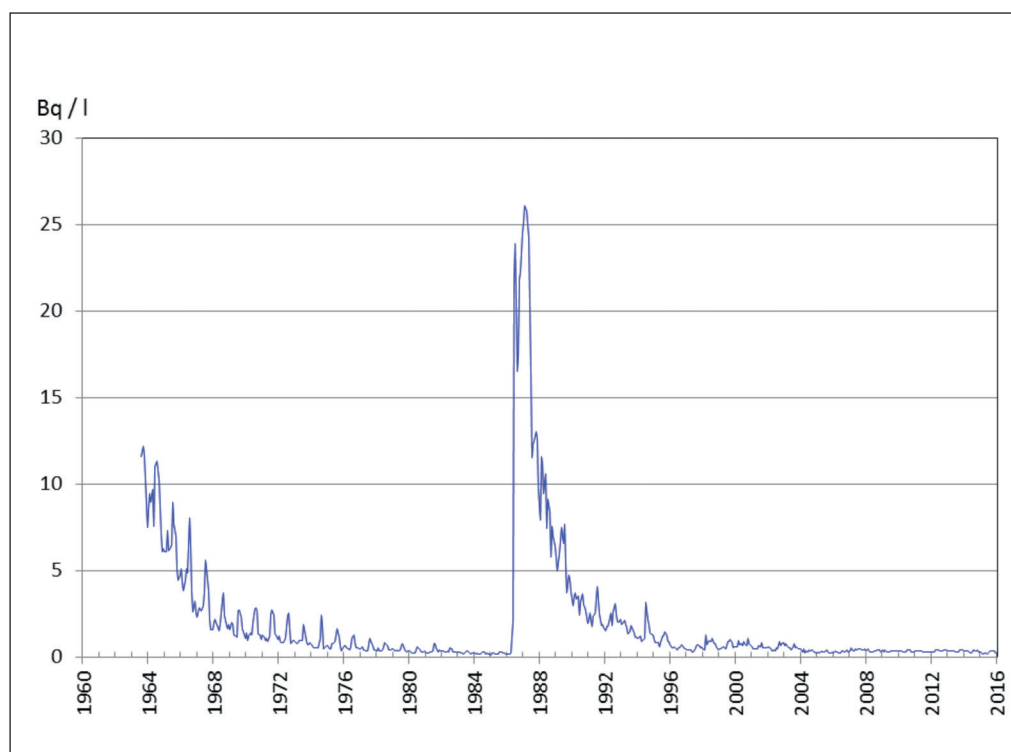


Kuva 8.1. Maitonäytteiden keräyspaikkakunnat ja ^{137}Cs :n ja ^{90}Sr :n aktiivisuuspitoisuudet maidossa (Bq/l) vuodesta 2004 lähtien.

Bild 8.1. Provtagningsorter för mjölk och ^{137}Cs - och ^{90}Sr -halter (Bq/l) i mjölk sedan 2004.

Fig. 8.1. The sampling sites of milk and areal concentrations of ^{137}Cs and ^{90}Sr (Bq/l) in milk since 2004.

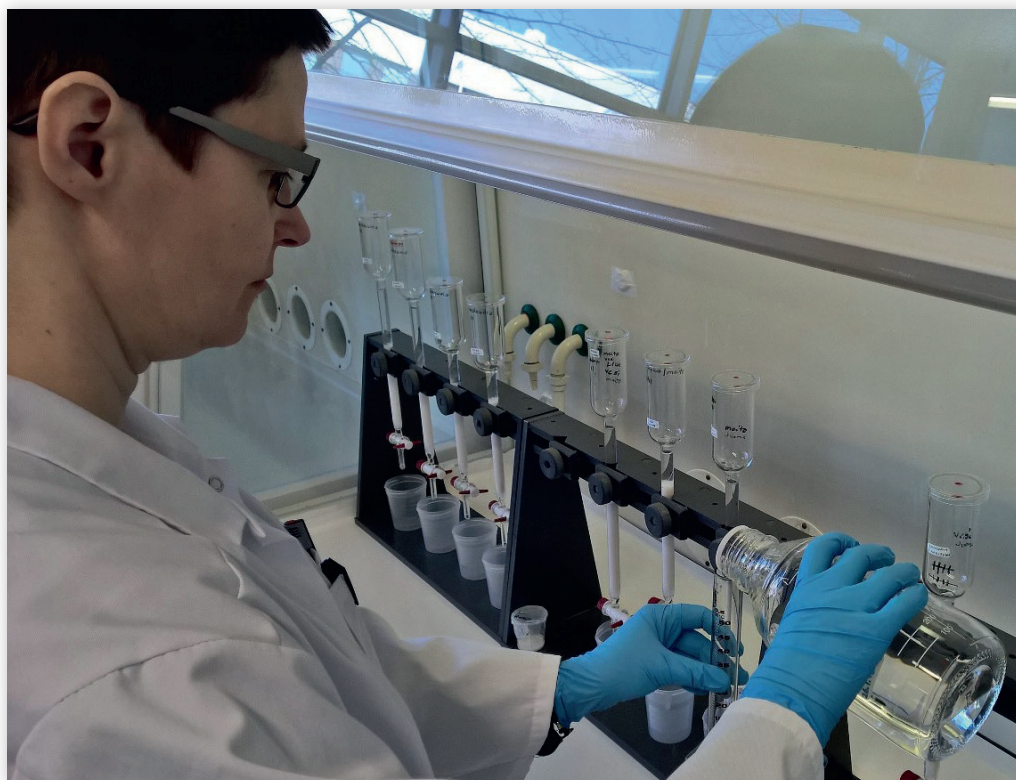




Kuva 8.2. Maidon keskimääräinen ^{137}Cs -pitoisuus (Bq/l) Etelä-Suomessa tuotetussa maidossa vuodesta 1960 lähtien.

Bild 8.2. Genomsnittlig halt av ^{137}Cs i mjölk (Bq/l) som producerats i södra Finland sedan 1960.

Fig. 8.2. ^{137}Cs in milk (Bq/l) in Southern Finland since 1960.



Kuva 8.3. Strontium erotetaan näytteestä ekstratiokromatografisella menetelmällä.

Bild 8.3. Strontium avskiljs ur provet med en extraktionkromatografisk metod.

Fig. 8.3. Strontium is separated by an extraction chromatographic method.

9 Elintarvikkeiden radioaktiiviset aineet

Elintarvikenäytteiden radioaktiivisuusmittausten tavoitteena on hankkia tietoa radionuklidien saannista ruoan kautta. Samalla saadaan arvio väestön päivittäisestä ravinnon kautta saamasta säteilyaltistuksesta.

9.1 Yhden viikon ateriat

Yhden viikon aterioiden keinotekoisien radioaktiivisuuden valvonnalla saadaan kuva suurkeittiöiden ruoan radioaktiivisuustasosta sekä suurkeittiöiden ruokaa käyttävien henkilöiden ruoasta saamasta säteilyannoksesta. Näytteiden radioaktiivisuutta valvotaan keräämällä yhden viikon ajalta päivittäiset kiinteät ruoka-annokset. Juomat kerätään vain yhdeltä päivältä. Koko vuorokauden aterioiden analysointi yksittäisten elintarvikkeiden sijasta antaa suoraan saannin, jossa on jo huomioitu ruoan valmistuksen vaikutukset ja kulutustekijät.

Näytteenoton paikkakunnat ovat Etelä-, Keski- ja Pohjois-Suomessa (Helsinki, Tampere ja Rovaniemi) edustaen suurimpia asutuskeskuksia ja elintarvikkeiden käytön alueellisia eroja. Samoilta paikoilta otetaan samaan aikaan myös juomavesinäytteet suoraan vesijohtovedestä.

Näytteenotto

Näytteet kerätään syksyllä, jolloin uuden sadon tuotteet ovat mukana. Näytteenottopaikkoina ovat sairaaloiden suurkeittiöt (kuva 9.1). Näytteet sisältävät vuorokauden kaikki ateriat mukaan lukien juomat ja leivät. Ruoka- ja juomanäytteet

kerätään erikseen. Aterioiden vuorokauden energiasältö on noin 7 500–9 200 kJ.

Näytteiden käsittely ja analysointi

Vuorokauden kiinteät ruokanäytteet yhdistetään yhdeksi näytteeksi, joka kuivataan ja homogenisoidaan. Kuivatusta vuorokausinäytteistä määritetään ^{137}Cs gammaspektrometrillä mittauksella. Cesiummäärityksen jälkeen vuorokausinäytteet tuhitetaan ja yhdistetään ^{90}Sr :n analysointia varten viikkonäytteeksi. Strontium erotetaan näytteistä ekstraktiokromatografisella menetelmällä, jonka jälkeen ^{90}Sr mitataan nestetuikespektrometrillä.

Vuorokauden juomat yhdistetään yhdeksi näytteeksi, haihdutetaan lämpölampun alla ja tuhitetaan. Tuhitetuista vuorokausinäytteistä analysoidaan ^{137}Cs ja ^{90}Sr . ^{137}Cs määritetään gammaspektrometrillä mittauksella. Strontium erotetaan näytteistä ekstraktiokromatografisella menetelmällä, minkä jälkeen ^{90}Sr mitataan nestetuikespektrometrillä.

Tulokset

Päivittäisen ravinnon ^{137}Cs - ja ^{90}Sr -pitopisuudet ovat pieniä, koska ruoan raaka-aineena käytetyt maataloustuotteet ovat lähes puhtaita radioaktiivisista aineista. Tulosten vaihtelut johtuvat lähinnä näytteenottopäivän dieetin ja ruoan alueellisen alkuperän vaihteluista. Vuonna 2015 ^{137}Cs -pitoisuudet ruoassa olivat 0,09–0,7 Bq/kg

ja juomissa 0,1–0,4 Bq/l. Päivittäinen cesiumin saanti ruoan kautta vaihteli välillä 0,1–1,3 Bq/d ja juomien kautta 0,2–0,3 Bq/d. Cesiummääritysten epävarmuus oli 6–28 % ja strontiummääritysten 6–7 %. Aluekohtaiset tulokset on esitetty taulukoissa 9.2 ja 9.3. Suurkeittiöiden ruokaa käyttävien ruoasta saama säteilyannos oli vuonna 2015 alle 0,004 mSv, josta ^{137}Cs :n osuus oli noin 90 %.

Ruoan ^{137}Cs -pitoisuus voi olla huomattavasti korkeampi, mikäli ravinto sisältää runsaasti luonnontuotteita, sillä metsämarjoissa, järvikalassa, sienissä ja riistassa on vielä Tšernobylin onnettomuudesta peräisin olevaa radioaktiivista cesiumia.

9.2 Kaupan elintarvikkeet

Syksyllä 2015 hankittiin kaupan elintarvikkeita elintarvikeliikkeistä samoilta paikkakunnilta kuin vuorokausiruokanäytteet. Näytteiksi valittiin luonnonvaraista riistaa, kalaa ja luonnontuotteita ^{137}Cs -pitoisuuksien määrittämistä varten (kuva 9.2). Näiden mittausten tulokset ovat taulukossa 9.1.

Mitatuista sieninäytteistä yhden vaaleaorakas- ja yhden mustatorvisieninäytteen ^{137}Cs -pitoisuus ylitti raja-arvon 600 Bq/kg, jota suositellaan noudatettavaksi, kun saatetaan markkinoille luonnonvaraista riistaa, metsämarjoja ja -sieniä sekä järvikaloja (EU-suositus 2003/274/Euratom). Tuoreita, kuivattuja tai suolattuja sieniä liottamalla tai keittämällä vedessä ennen ruoaksi valmistamista saadaan 80–90 prosenttia ^{137}Cs :sta poistettua. Sienien kuivaaminen ilman liotusta ei vähennä ^{137}Cs :n

määrää. Lisätietoa käsittelymenetelmistä, joilla voidaan vähentää sienten radioaktiivista ^{137}Cs :a, löytyy Säteilyturvakeskuksen verkkosivuilta.

Luonnontuotteita mitataan myös tutkimus- ja tiedotustarkoituksessa. Eri elintarvikkeiden ^{137}Cs -pitoisuuksista on yksityiskohtaisempaa tietoa Säteilyturvakeskuksen verkkosivuilla osoitteessa www.stuk.fi.

Yhteyshenkilö: Kaisa Vaaramaa, Säteilyturvakeskus
(kaisa.vaaramaa@stuk.fi)

9 Radioaktiva ämnen i livsmedel

Målet för radioaktivitetsmätningar i livsmedel är att erhålla uppgifter om intaget av radionuklider via födan. På samma gång fås en uppskattning av den dagliga stråldos som befolkningen får via födan.

9.1 En veckas måltider

Detta övervakningsprogram ger en bild av radioaktivitetsnivån i maten från storkök samt den stråldos som de som äter mat från storkök får. Artificiella radioaktiva ämnen i livsmedel övervakas genom att samla in dagportioner av fast föda under en vecka. Drycker samlas under endast en dag. Genom att analysera mat och dryck från ett helt dygn i stället för enstaka livsmedel får man direkt det intag, där faktorer i tillagningen och konsumtion av maten redan beaktats.

Provtagningsorterna ligger i södra, mellersta och norra Finland och de representerar de största bosättningscentra samt de regionala skillnaderna i användningen av livsmedel (Helsingfors, Tammerfors och Rovaniemi). På samma orter tas samtidigt också dricksvattenprov direkt från vatten i ledningsnätet.

Provtagning

Tidpunkten för provtagningen är på hösten, så att produkterna från den nya skörden finns med. Proven tas i storkök i sjukhus (bild 9.1). Proven innefattar dygnets alla måltider inklusive drycker och bröd. Prov av mat och dryck uppsamlas skilt.

Energiinnehållet för måltiderna under ett dygn är cirka 7 500–9 200 kJ.

Behandling och analys av proven

De fasta proven av födan för ett dygn sammanslås till ett prov som torkas och homogeniseras. Ur de torkade dygnsproven bestäms ^{137}Cs med gamma-spektrometri. Efter bestämning av ^{137}Cs -halten föraskas proven och sammanslås till veckoprov för analys av ^{90}Sr . Strontium avskiljs med extraktionskromatografi, varefter halten av ^{90}Sr bestäms med vätskescintillationsspektrometer.

Dryckerna från ett dygn sammanslås till ett prov, indunstas under värmelampor och föraskas. Ur de föraskade proven analyseras ^{137}Cs och ^{90}Sr . ^{137}Cs -halten bestäms gammaspektrometriskt. Strontium avskiljs extraktionskromatografiskt, varefter halten av ^{90}Sr bestäms med vätskescintillationsspektrometer.

Resultat

Halterna av ^{137}Cs och ^{90}Sr i den dagliga födan är låga, eftersom de lantbruksprodukter som används som råvaror är nästan fria från radioaktiva ämnen. Variationerna i mätresultaten beror främst på kosthållningen på provtagningsdagen och på att råvarornas regionala ursprung varierar. År 2015 var ^{137}Cs -halterna i maten 0,09–0,7 Bq/kg och i dryckerna 0,1–0,4 Bq/l. Det dagliga intaget av cesium via maten varierade 0,1–1,3 Bq/d och via

drycker 0,2–0,3 Bq/d. Bestämningen av ^{137}Cs hade en osäkerhet på 6–28 procent och bestämningen av ^{90}Sr en osäkerhet på 6–7 procent. De regionala mätresultaten finns i tabell 9.2 och i tabell 9.3. Under 2015 förorsakade storköken en stråldos på under 0,004 mSv åt konsumenterna. Ungefär 90 procent av denna dos berodde på ^{137}Cs .

Halten av ^{137}Cs i maten kan vara betydligt högre om födan innehåller rikligt med naturprodukter, eftersom skogsbär, insjöfisk, svamp och vilt ännu innehåller radioaktivt cesium som härstammar från Tjernobylyolyckan.

9.2 Livsmedel i butiker

Under hösten 2015 skaffades livsmedel från livsmedelsbutiker på samma orter där matproven från ett dygn hämtats. Till proven valdes vilt fisk och naturprodukter för att bestämma halterna av ^{137}Cs (bild 9.2). Resultaten från dessa mätningar finns i tabell 9.1.

Halten av ^{137}Cs i proven översteg gränsvärdet 600 Bq/kg i ett blek taggsvamp prov och i ett svart trumpetsvamp prov. Detta gränsvärde rekommenderas att tillämpa på ^{137}Cs i vilt, vilda bär, vilda svampar och insjöfiskar som säljs på marknaden (EU- rekommendation 2003/274/Euratom). Genom att blötlägga eller koka färska, saltade eller torkade svampar i vatten kan 80–90 procent av cesiumet avlägsnas. Torkning utan blötläggning sänker inte ^{137}Cs halten i svamp. Mera information om metoder

för att sänka halten av radioaktivt ^{137}Cs i svampar finns på Strålsäkerhetscentralens webbsida.

Naturprodukter mäts också för forskning och informationssyften. Mer specifika detaljer om halterna av ^{137}Cs i olika livsmedel finns på Strålsäkerhetscentralens webbsida www.stuk.fi.

Kontaktperson: Kaisa Vaaramaa, Strålsäkerhetscentralen (kaisa.vaaramaa@stuk.fi)

9 Radioactive substances in foodstuffs

The aim of the foodstuffs monitoring programme is to obtain information about the intake of radionuclides through ingestion for estimating internal doses.

9.1 One week diet

The monitoring programme typifies the level of artificial radioactivity in food of institutional kitchens and gives estimation of internal doses received by ingestion. The artificial radioactivity levels in foodstuffs are monitored by collecting daily meals of solid food over one week in the institutional kitchens in hospitals. Drinks are collected only once a week for one day. An analysis of the whole mixed diet samples rather than the main components of diet gives the intake in which the consumption and food processing are already included.

The sampling sites are located in southern, central and northern Finland, representing the main population centres and regional differences in the consumption of foodstuffs (Helsinki, Tampere and Rovaniemi). Drinking water samples, taken directly from running tap water, are also collected at the same sites.

Sampling

The diet samples are collected once a year. The sampling time is autumn in order to include the products of the new crop in the sampling. The sampling sites comprise institutional kitchens in hospitals (Fig. 9.1). The samples consist of all the meals of a day, including drinks and bread. Food and drink samples are collected separately. The daily energy content of meals totals is approximately 7,500–9,200 kJ.

Pre-treatment and analysis

The solid food samples collected during a day are combined into one sample, which is dried and homogenised. The ^{137}Cs of the dried daily samples is determined by gamma spectrometric measurement. After ^{137}Cs has been determined, the samples are

ashed and combined into weekly samples for ^{90}Sr analysis. Strontium is separated from the samples by an extraction chromatographic method, after which ^{90}Sr is measured with a liquid scintillation spectrometer.

The drinks collected during a day are evaporated under infrared thermal lamps and ashed. ^{137}Cs is determined by gamma spectrometric measurement from the ashed drink samples. Strontium is separated from the samples by an extraction chromatographic method, after which ^{90}Sr is measured with a liquid scintillation spectrometer.

Results

The concentrations of ^{137}Cs and ^{90}Sr in daily meals are low because the agricultural products used as raw material are almost free of artificial radionuclides. The variation in the results is caused by the differences in the types of meals that were prepared on the sampling dates and in the regional origins of raw materials. The concentrations of ^{137}Cs in the solid food in 2015 ranged from 0.09–0.7 Bq/kg, and in the drinks from 0.1–0.4 Bq/l. The daily intakes of ^{137}Cs via food varied between 0.1–1.3 Bq/d, and via drinks from 0.2–0.3 Bq/d. The determination of ^{137}Cs gave an uncertainty of 6–28% and the determination of ^{90}Sr that of 6–7%. The regional results are given in Table 9.2 and in Table 9.3. The average internal radiation dose received through food from the institutional kitchens in 2015 was less than 0.004 mSv, and 90% of which is due to ^{137}Cs . Radioactive concentrations may be considerably higher in food containing a lot of natural produces (wild berries, freshwater fish, wild mushrooms and game).

9.2 Foodstuffs on the market

In the autumn of 2015, the foodstuffs on the market were acquired from grocery shops in the same cities as the daily diet samples. Wild game, wild berries, wild mushrooms and fish were chosen as samples in order to determine concentrations of ^{137}Cs

Taulukko 9.1. ^{137}Cs -pitoisuudet (Bq/kg) elintarvikeliikkeistä hankituissa näytteissä vuonna 2015.

Tabell 9.1. ^{137}Cs i prov som köpts i livsmedelsbutiker år 2015.

Table 9.1. ^{137}Cs in the samples purchased from food shops in 2015.

Elintarvike	Livsmedel	Foodstuff	^{137}Cs , Bq/kg (number of samples)					
			Helsinki		Tampere		Rovaniemi	
hirvenliha	älgkött	venison	-	-	0.3–10	(2)	5.0–9.8	(2)
poronliha	renkött	reindeer meat	-	-	-	-	7.4–56	(3)
metsämarjat	skogsbär	wild berries	1.9–53	(14)	<0.2–118	(13)	1.8–20	(13)
sienet	svampar	mushrooms	30–960	(10)	1.0–4 100	(8)	9.6–103	(3)
järvi- ja jokikala	insjöfisk	freshwater fish	3.8–33	(5)	8.0–29	(4)	2.9–40	(8)
murtovesi- ja merikala	brack- och havsfisk	brackfish water and marine fish	0.4–22	(6)	3.4–14	(8)	1.6–24	(4)
kasvatettu kala (meri- ja sisävesiallas)	odlad fisk (havs- och insjöbassäng)	farmed fish (sea and fresh-water basin)	0.2–0.6	(3)	-	-	0.1–0.6	(5)

Taulukko 9.2. ^{137}Cs :n ja ^{90}Sr :n saanti ruoasta vuonna 2015.

Tabell 9.2. Tillförsel av ^{137}Cs och ^{90}Sr i maten år 2015.

Table 9.2. The intake of ^{137}Cs and ^{90}Sr via ingestion in 2015.

Site	Sampling date	^{137}Cs (Bq/d) meal	^{90}Sr (Bq/week) meal
Helsinki	12.10.2015	0.24	0.49
	13.10.2015	0.36	
	14.10.2015	0.44	
	15.10.2015	0.69	
	16.10.2015	0.23	
	17.10.2015	0.39	
	18.10.2015	0.38	
Rovaniemi	12.10.2015	0.14	0.31
	13.10.2015	0.28	
	14.10.2015	0.87	
	15.10.2015	0.35	
	16.10.2015	0.68	
	17.10.2015	0.15	
	18.10.2015	1.34	
Tampere	12.10.2015	0.09	0.21
	13.10.2015	0.31	
	14.10.2015	0.10	
	15.10.2015	0.10	
	16.10.2015	0.10	
	17.10.2015	0.11	
	18.10.2015	0.22	

Taulukko 9.3. ^{137}Cs :n ja ^{90}Sr :n päivittäinen saanti juomasta 2015.

Tabell 9.3. Daglig tillförsel av ^{137}Cs och ^{90}Sr i dryckerna år 2015.

Table 9.3. The daily intake of ^{137}Cs and ^{90}Sr via drinks in 2015.

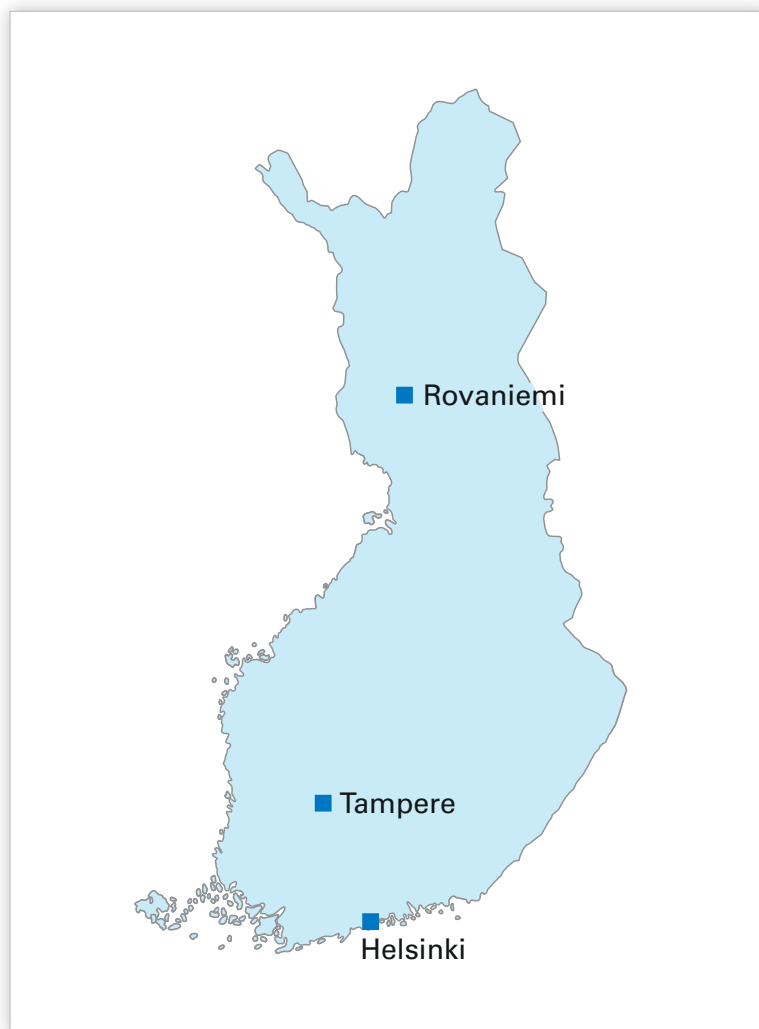
Site	Sampling date	^{137}Cs (Bq/d) drinks	^{90}Sr (Bq/d) drinks
Helsinki	15.10.2015	0.20	0.02
Rovaniemi	14.10.2015	0.15	0.02
Tampere	19.10.2015	0.27	0.02

(Fig. 9.2). The results of these measurements are presented in Table 9.1.

In the analysed samples, the concentration of ^{137}Cs in two mushroom samples (*Hydnum repandum*, *Craterellus cornucopioides*) was higher than the maximum permitted level, 600 Bq/kg, recommended to be respected when placing wild game, wild berries, wild mushrooms and lake fish on the market (Commission recommendation 2003/274/Euratom). Soaking or cooking removes up to 80–90% of ^{137}Cs contents in fresh, dried or salted mushrooms. Drying without soaking does not reduce the ^{137}Cs contents of the mushrooms. More information about the pre-treatment methods of mushrooms can be found at STUK's website.

Natural products are also monitored for the purposes of research and media. More detailed information about the concentrations of ^{137}Cs in various foodstuffs can be found at STUK's website, www.stuk.fi.

Contact person: Kaisa Vaaramaa, Radiation and Nuclear Safety Authority
(kaisa.vaaramaa@stuk.fi)



Kuva 9.1. Elintarvikkeiden keräyspaikkakunnat.
Bild 9.1. Provtagningsorter för födoämnen.
Fig. 9.1. The sampling sites for diet samples.



Kuva 9.2. Mustikka (*Vaccinium myrtillus*)
Bild 9.2. Blåbär (*Vaccinium myrtillus*)
Fig. 9.2. Blueberry (*Vaccinium myrtillus*)

10 Radioaktiiviset aineet ihmisessä

Ihminen saa radioaktiivisia aineita elimistönsä hengittämällä tai ravinnon mukana. Nämä aineet ovat joko luonnollista alkuperää tai keinotekoisesti tuotettuja. Näistä gammasäteilyä lähettäviä aineita voidaan mitata suoraan ihmisen kehosta. Mittaukset tehdään ns. koko-kehomittauslaitteistoilla, joista toinen on kiinteästi asennettuna laboratorioon Helsingissä ja toinen on kuorma-autoon rakennettu. Kiinteästi asennettu mittauslaitteisto otettiin käyttöön vuonna 1965 ja liikkuva yksikkö kymmenen vuotta myöhemmin.

Mittaukset

Kiinteä mittauslaitteisto on sijoitettu 80 tonnia painavaan rautahuoneeseen. Paksujen rautaseinien tarkoituksena on vaimentaa ympäristöstä tulevaa taustasäteilyä. Liikkuva yksikkö painaa noin 2,5 tonnia, kuva 10.1. Helsingin ulkopuoliset mittaukset tehdään yleensä liikkuvalla yksiköllä. Mittauslaitteistoon kuuluu mitaustuoli, johon mitattava henkilö asettuu ja edessä olevat gamma-säteilyä havaitsevat ilmaisimet. Mitattava aktiivisuusmäärä on yleensä pieni ja siksi ympäristöstä tulevan taustasäteilyn vaimentamiseksi tuoli on tehty lyijystä ja säteilyilmaisimien ympäröity lyijyvaipalla.

Kokokehomittauksessa ihmiseen ei kohdistu säteilyä. Mittaus perustuu kehossa olevien radioaktiivisten aineiden hajotessaan lähettämän gammasäteilyn havaitsemiseen. Tällä hetkellä yleisin Suomessa väestön kokokehomittauksissa havaittu keinotekoinen radioaktiivinen aine on ^{137}Cs .

Mitattavat ihmisryhmät

Suomessa on vuodesta 1965 lähtien seurattu helsinkiläistä vertailuryhmää. Vuodesta 1999 alkaen on tämän ryhmän lisäksi mitattu Helsingistä, Tampereelta (2001 alk.) ja Rovaniemeltä kouluympäristöstä valittuja ryhmiä. Näiden neljän ryhmän tulosten perusteella arvioidaan suomalaisten saama säteilyannos keinotekoisista radioaktiivisista aineista. Tampere edustaa Suomessa Tšernobylin onnettomuuden aiheuttaman korkeimman laskeuman aluetta.

Helsingin, Tampereen ja Rovaniemen kouluryhmät koostuvat vapaaehtoisista oppilaista ja opettajista. Koulut on valittu siksi, että samassa mittauspaikassa on eri-ikäisiä henkilöitä. Mitattavilta kysytään lyhyes-

ti ruokavaliosta ja tiettyjen runsaasti radioaktiivista ^{137}Cs :a sisältävien elintarvikkeiden kulutuksesta.

Tulokset

Mittaustulokset ovat kuvassa (ks. kuva 10.2.) Kuvassa oleviin tuloksiin sisältyvät vain aikuisten (yli 14-vuotiaiden) mittauksien mediaanit. Tässä yhteydessä mediaani on parempi tunnusluku kuin keskiarvo, koska otokset ovat pieniä, jolloin yksittäiset huomattavan suuret tai pienet tulokset painottuvat liikaa (ks. kuva 10.2).

Lasten eli alle 15-vuotiaiden tuloksista voidaan todeta, että kehossa oleva ^{137}Cs -aktiivisuus oli yleensä alle 100 Bq. Myös alle havaitsemisrajan olevia tuloksia oli suhteellisesti enemmän kuin aikuisissa. Tämä sopii hyvin yhteen aikaisemmissa tutkimuksissa saatujen tulosten kanssa. Mittauksien vuotuinen vaihtelu johtuu kaupasta ostettujen ja luonnosta kerättyjen elintarvikkeiden aktiivisuuspitoisuuksien suurista eroista sekä luonnosta kerättyjen elintarvikkeiden satunnaisesta käytöstä.

Helsingissä mitattiin 42 henkilöä. Suurin mitattu ^{137}Cs -aktiivisuus kehossa oli 310 Bq ja alle havaitsemisrajan (noin 50 Bq) jäi 16 kpl mitatuista henkilöistä. Vastaavasti Tampereella mitattiin 45 henkilöä, suurin mitattu ^{137}Cs -aktiivisuus kehossa oli 690 Bq ja alle havaitsemisrajan jäi 9 kpl mitatuista henkilöistä. Rovaniemellä mitattiin 47 henkilöä, suurin mitattu ^{137}Cs -aktiivisuus kehossa oli 710 Bq ja alle havaitsemisrajan jäi 10 kpl mitatuista henkilöistä.

Kuvassa 10.3 on esitetty keskimääräinen ^{137}Cs -aktiivisuus helsinkiläisen vertailuryhmän jäsenissä 1960-luvun puolivälistä lähtien. Kuvassa erottuvat selvästi ilmakehässä suoritettujen ydinkokeiden ja Tšernobylin ydinonnettomuuden vaikutukset kehossa olevaan ^{137}Cs -aktiivisuuteen.

Kehossa olevan ^{137}Cs :n aiheuttaman säteilyannoksen arvioitiin vuonna 2015 jääneen alle 0,01 mSv/henkilö, eli alle 0,3 % suomalaisen keskimääräisestä vuosittaisesta säteilyannoksesta, noin 3,2 mSv.

Yhteyshenkilö: Jussi Huikari, Säteilyturvakeskus (jussi.huikari@stuk.fi)

10 Radioaktiva ämnen i människokroppen

Människan får i sig radioaktiva ämnen genom att andas in dem eller med födan. Dessa ämnen är antingen av naturligt ursprung eller artificiella. De ämnen som emitterar gammastrålning i människokroppen kan mätas direkt med helkroppsmätning. Strålsäkerhetscentralen har två utrustningar för detta: den ena är fast installerad i laboratoriet i Helsingfors och den andra är installerad i en lastbil. Den fasta helkroppsmätaren togs i bruk år 1965 och den mobila tio år senare.

Mätningar

Helkroppsmätaren i laboratoriet har placerats i ett järnrum som väger 80 ton. De tjocka järnväggarna ska absorbera den bakgrundsstrålning som kommer från omgivningen. Den mobila enheten väger cirka 2,5 ton, bild 10.1. Mätningar utanför Helsingfors görs vanligtvis med denna utrustning. Mätutrustningen består av en stol för testpersonen och detektorer framför stolen. Aktiviteten som mäts är vanligtvis liten och för att skärma av bakgrundsstrålningen från omgivningen är stolen tillverkad av bly och detektorn har en blymantel.

Vid helkroppsmätning utsätts testpersonen inte för strålning. Mätningen går ut på att detektera den gamma-strålning som radioaktiva ämnen i kroppen emitterar vid sitt sönderfall. För närvarande är ^{137}Cs det vanligaste artificiella radioaktiva ämnet som upptäcks vid helkroppsmätningar.

Människogrupper som mätts

I Finland har man sedan år 1965 utfört mätningar på en referensgrupp av Helsingforsbor. Från och med år 1999 har man dessutom utfört mätningar på tre grupper från skolmiljöer i Helsingfors, Rovaniemi och Tammerfors (fr.o.m. 2001). På basis av resultaten från mätningarna på dessa fyra grupper beräknar man den stråldos som finländarna i genomsnitt får från artificiella radioaktiva ämnen. Tammerfors representerar området med det största nedfallet från Tjernobylolyckan i Finland.

Skolgrupperna i Helsingfors, Tammerfors och Rovaniemi består av frivilliga elever och lärare.

Skolorna har valts för att inkludera olika åldersgrupper på samma mät-plats. Personerna intervjuas kortfattat om matvanor samt om deras konsumtion av vissa livsmedel som innehåller rikligt med radioaktivt ^{137}Cs .

Resultat

Resultaten visas på bild 10.2. Endast medianen av mätvärdena för vuxna personer (över 14 år) har tagits med. I detta sammanhang är medianen en bättre parameter än medeltalet eftersom samplet är litet och enstaka avvikande stora eller små resultat inverkar för mycket (se bild 10.2).

Om barns resultat (under 15 år) kan det konstateras att ^{137}Cs aktiviteten i kroppen vanligtvis låg under 100 Bq. Fall under detekteringsgränsen förekom relativt sett oftare bland barn än bland vuxna. Detta stämmer väl överens med resultat från tidigare undersökningar. Årsvariationen i mätresultaten beror på de stora skillnaderna i aktiviteten i inhandlad mat och livsmedel som samlats i naturen samt på att livsmedel som samlas i naturen används sporadiskt.

I gruppen från Helsingfors utfördes mätningar på 42 personer, i den från Rovaniemi 47 och i den från Tammerfors 45 personer. I Helsingfors var den högsta uppmätta ^{137}Cs aktiviteten i kroppen 310 Bq och 16 personer låg under detekteringsgränsen (ung. 50 Bq). Rovaniemi var de motsvarande värdena 710 Bq och 10 personer och i Tammerfors 690 Bq och 9 personer.

Bild 10.3 visar kroppsinnehållet av ^{137}Cs som medelvärde för män och kvinnor i referensgruppen från Helsingfors mätt årligen sedan 1960-talets mitt. Inverkan av kärnvapenprov i atmosfären och av Tjernobylolyckan på ^{137}Cs aktiviteten i kroppen ses tydligt i bilden.

År 2015 uppskattades ^{137}Cs i människokroppen i medeltal förorsaka en stråldos på cirka 0,01 mSv per person eller mindre än 0,3 procent av den totala stråldosen på cirka 3,2 mSv som finländarna årligen får.

Kontaktperson: Jussi Huikari, Strålsäkerhetscentralen (jussi.huikari@stuk.fi)

10 Radioactivity in man

Radioactive substances enter the human body via breath or in foodstuffs. These substances are either of natural or of artificial origin of which gamma ray emitters can be measured directly using a dedicated whole body counter. There are two such counters in use at STUK. One is a permanently installed system in the laboratory and the other one is a mobile system. The stationary system was installed in 1965 and the mobile system ten years later.

The measurements

The stationary system is installed inside an 80-tonne iron room. The thick iron walls are there to reduce the environmental background radiation. The mobile unit weighs about 2.5 tonnes and is installed on a truck (Fig. 10.1). This mobile system is used in measurements away from Helsinki. The mobile system includes a lead chair for the person to be measured and in front of that a lead shielded gamma ray detector. The amount of radioactive substances to be measured is usually small, therefore, the lead shielding is necessary in order to reduce the background radiation from the environment.

The measurement itself does not cause any additional exposure to radiation. The measurement is based on detection of gamma radiation emitted by the radioactive substances in the body. Today, ^{137}Cs is the most common artificial radionuclide detected in these measurements.

Groups of people to be measured

A reference group from Helsinki has been monitored since 1965. The groups from Helsinki and Rovaniemi have been followed since 1999 and in 2001 a group from Tampere was added (for a map, see Fig. 9.1). These groups include volunteer children and teachers from local schools where different age groups are easily available. The measured persons were interviewed for information on eating habits and consumption of certain foodstuffs known to contain rather high

concentrations of ^{137}Cs . Based on the results of these measurements, the internal radiation dose for the people from artificial radioactive substances can be estimated.

Results

The medians on the measurement results are presented for the adults (older than 14 years) in Helsinki, Rovaniemi and Tampere in Figure 10.2. The median better suits the purpose than the mean value because, when groups measured are small, a single large or small result gets too much weight (see Fig. 10.2). Some children below 15 years age were measured and their body contents were usually below 100 Bq. In addition, there were relatively more results among children below detection limit than among adults. This result agrees well with results from our earlier studies.

In the Helsinki group in 2015, there were 42 measurements. The highest content was 310 Bq and 16 persons were below the detection limit of 50 Bq. Corresponding values in Tampere were 45 persons in measurement, the highest content was 690 Bq and 9 persons were below the detection limit and in Rovaniemi there were 47 persons in measurement, the highest value being 710 Bq and 10 persons were below detection limit.

Figure 10.3 shows the mean ^{137}Cs activity in the Helsinki reference group measured since 1965. The influence of the atmospheric nuclear weapons tests and of the Chernobyl accident on the body caesium content is clearly visible.

The mean internal radiation dose from ^{137}Cs in 2015 was estimated at 0.01 mSv/person, or less than 0.3% of the total mean annual radiation dose 3.2 mSv.

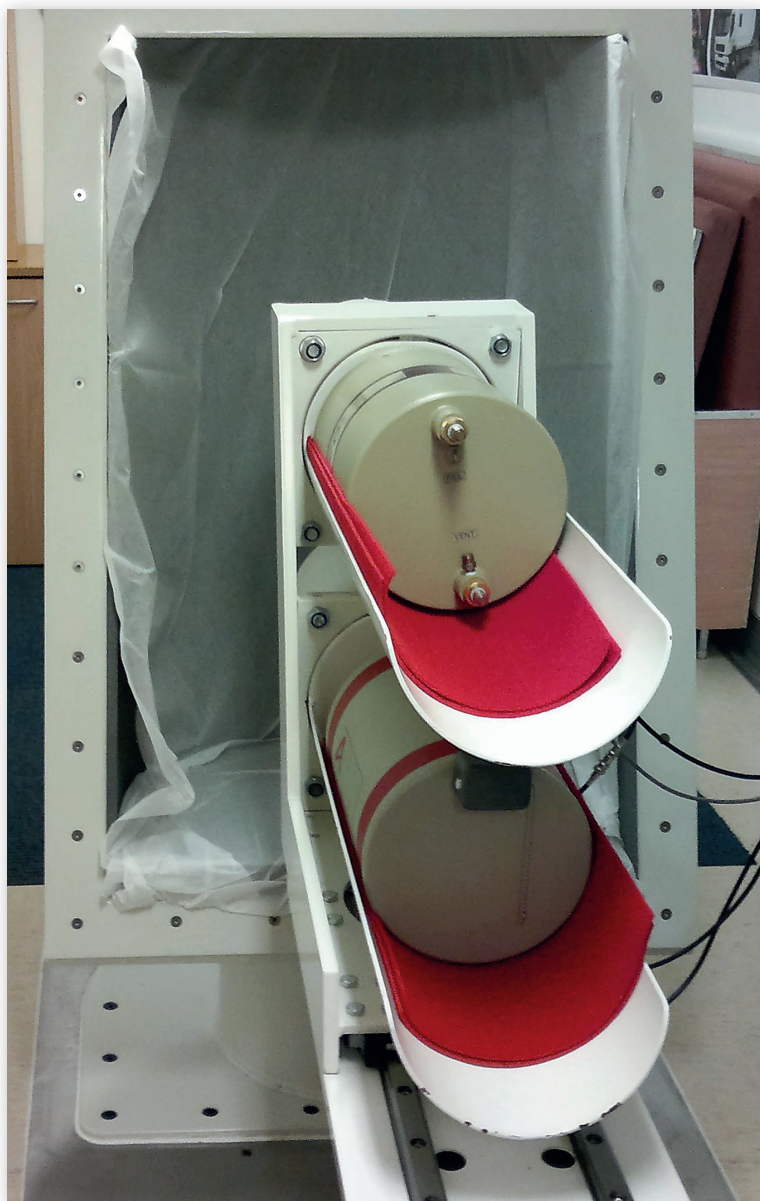
Contact person: Jussi Huikari, Radiation and Nuclear Safety Authority (jussi.huikari@stuk.fi)



Kuva 10.1a. Kokokehomittauksissa käytettävä liikkuva laboratorio.

Bild 10.1a. Det mobila laboratoriet som används för helkroppsmätningar.

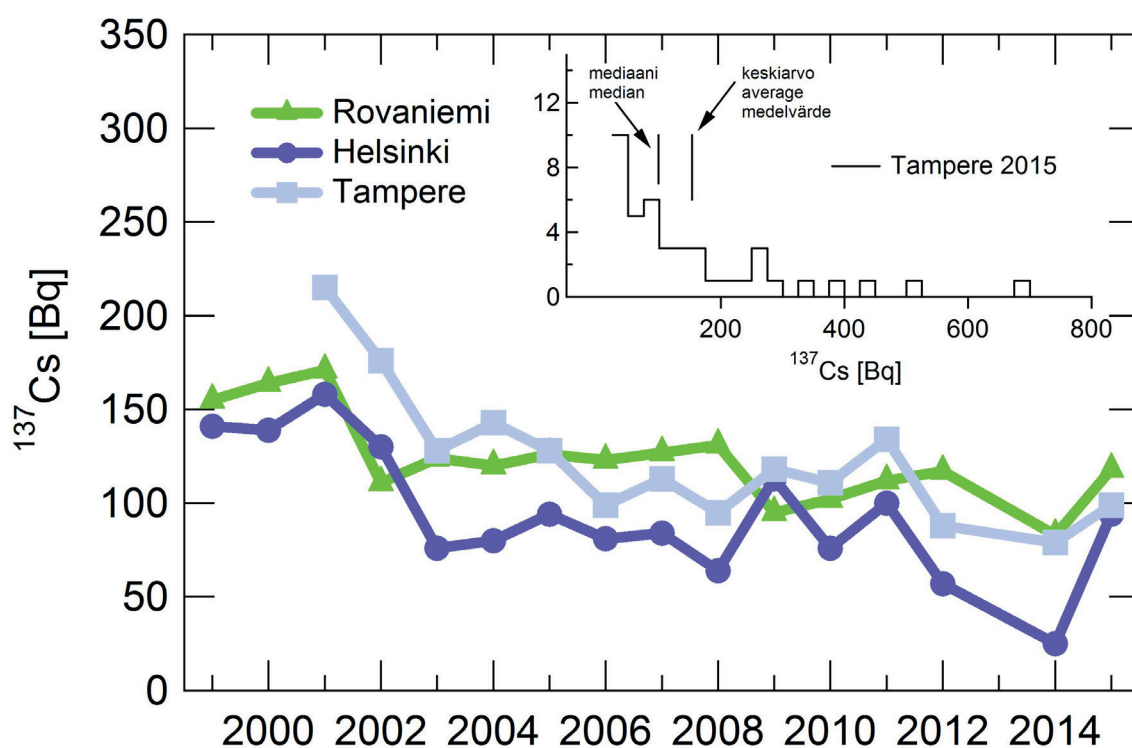
Fig. 10.1a. The mobile laboratory used in the whole-body measurements.



Kuva 10.1b. Liikkuvan laboratorion taustasuojaja ilmaisimet.

Bild 10.1b. Bakgrundsskyddet och detektorerna i det mobila laboratoriet.

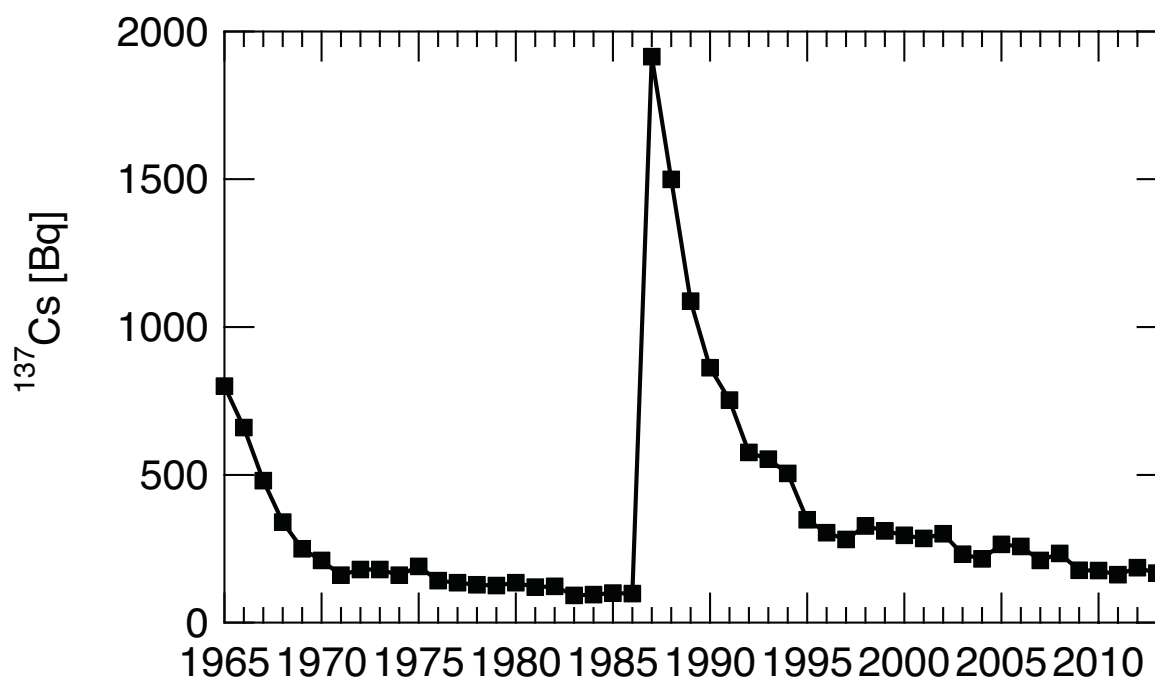
Fig. 10.1b. The background shield and detectors of the mobile unit.



Kuva 10.2. Kehossa oleva ^{137}Cs aktiivisuus. Ryhmissä on mukana kaikki yli 14-vuotiaat, jotka kävivät mittauksessa. Varsinaisen kuvan sisällä olevassa histogrammissa on Tampereen jakauma vuodelta 2015.

Bild 10.2. Kroppsinnehållet av ^{137}Cs för kvinnor och män. I grupperna ingår alla personer äldre än 14 år som mättes. Histogrammet innanför figuren visar fördelningen av resultaten från skolmätningarna i Tampere 2015.

Fig. 10.2. The ^{137}Cs body content as a median for women and men. All persons older than 14 years are included in the groups. The inserted histogram shows the distributions of the measurement result for the Tampere group 2015.



Kuva 10.3. Kehossa oleva ^{137}Cs -aktiivisuus keskiarvona helsinkiläisessä vertailuryhmässä (mitattu vuosittain vuodesta 1965 lähtien).

Bild 10.3. Kroppsinnehållet av ^{137}Cs som medelvärde i referensgruppen i Helsingfors mätt årligen sedan 1965.

Fig. 10.3. Body content of ^{137}Cs as the mean in the Helsinki reference group measured annually since 1965 at STUK.

11 Jätelietteen radioaktiiviset aineet

Ympäristön säteilyvalvontaohjelmaan otettiin vuonna 2009 mukaan Helsingin Viikinmäen jätevesipuhdistamon lietteet, joista seurataan lähinnä keinotekoisien radionuklidien esiintymistä. Monet ympäristöön kulkeutuneet radionuklidit voidaan havaita jätevedenpuhdistamon lietteestä, sillä puhdistusprosessissa lietteeseen rikastuu monia jätevedessä olevia radionuklideja. Viikinmäen jätevedenpuhdistamon lietteessä havaitaan radionuklideja, jotka ovat peräisin mm. Tšernobylin onnettomuudesta, lääkinnällisestä radioisotooppien käytöstä sekä luonnosta. Tutkimalla lietteitä saadaan myös tietoa radionuklidien kulkeutumisesta ympäristössä.

Viikinmäen jätevedenpuhdistamo otettiin käyttöön vuonna 1994. Siellä puhdistetaan paitsi Helsingin myös Vantaan itä- ja keskiosien, Keravan, Tuusulan, Järvenpään, Sipoon, Mäntsälän eteläosan ja Pornaisen jätevedet. Vuonna 2015 puhdistamon kokonaisvirtaama oli noin 278 000 m³ vuorokaudessa. Kuivattua jätevesilietettä syntyi vuonna 2015 noin 64 400 tonnia.

Näytteenotto

Jätevedenpuhdistamon raakalietteestä ja mädätetystä kuivatusta lietteestä otetaan neljä kertaa vuodessa näytteet, joista analysoidaan gammasäteilyä lähettävät radionuklidit. Näytteenottokuukaudet ovat maaliskuu-, kesä-, syys- ja joulukuu ja molemmat näytteet otetaan samana päivänä.

Näytteiden käsittely ja analysointi

Laboratoriossa raakaliete kuivataan lämpökäpissä ja jauhetaan (kuva 11.1). Muuta esikäsittelyä näytteelle ei tehdä. Gammasäteilyä lähettävät radioaktiiviset aineet analysoidaan jauhetuista näytteistä gammaspektrometrisesti.

Mädätetystä kuivatusta lietteestä gammasäteilyä lähettävät radioaktiiviset aineet analysoidaan ilman esikäsittelyä (kuva 11.2). Mittaus tehdään mahdollisimman nopeasti sen jälkeen, kun näyte on saapunut laboratorioon lyhytikäisten nuklidien toteamiseksi. Kuiva-ainemääritys tehdään mittauksen jälkeen.

Tulokset

Radionuklideja käyttävien sairaaloiden syöpäklinikoiden ja isotooppiosastojen potilaiden eritteet menevät Viikinmäen puhdistamoon. Hoitoja annetaan yleensä vain tiettyinä päivinä, joten päästöt jätevesiin jakautuvat ajallisesti epätasaisesti. Tästä johtuen sairaalanuklidien pitoisuudet lietteessä vaihtelevat suuresti.

Sairaaloissa käytettäviä radionuklideja ovat ¹³¹I, ¹⁵³Sm, ¹⁷⁷Lu ja ²⁰¹Tl. ¹³⁷Cs on peräisin Tšernobylin onnettomuudesta ja ²³⁸U on vedessä luonnollisesti esiintyvä radioaktiivinen aine. Jätelietteen gamma-aktiivisten radionuklidien pitoisuudet raakalietteessä vuonna 2015 on esitetty taulukossa 11.1 ja kuivatussa lietteessä taulukossa 11.2.

Yhteyshenkilö: Kaisa Vaaramaa, Säteilyturvakeskus (kaisa.vaaramaa@stuk.fi)

11 Radioaktiva ämnen i avloppsslam

I programmet för övervakning av strålning i miljön tog man år 2009 med slammet från Viksbacka avloppsreningsverk i Helsingfors. Man ska undersöka främst förekomsten av artificiella radionuklider i slammet. I slammet från avloppsreningsverket kan man upptäcka många radionuklider som släppts ut i miljön, eftersom slammet från avloppsvattnet berikas med dessa under reningsprocessen. I slammet från Viksbacka avloppsreningsverk har man upptäckt radionuklider som härrör bland annat från Tjernobylyolyckan, användningen av radioisotoper inom medicin och från naturen. Genom att undersöka slammet får man också information om radionuklidernas förflyttning i miljön.

Viksbacka avloppsreningsverk togs i bruk år 1994. Här behandlas avloppsvatten förutom från Helsingfors även från östra och mellersta Vanda, Kervo, Tusby, Träskända, Sibbo, södra Mäntsälä och Borgnäs. År 2015 var reningsverkets totala flöde cirka 278 000 m³ per dygn. Under 2015 uppstod det cirka 64 400 ton torkat avloppsvatten-slam.

Provtagning

Fyra gånger per år tar man prov från avloppsreningsverkets råslam och rötade torkade slam och analyserar radionukliderna som emitterar gammastrålning. Provtagningsmånaderna är mars, juni, september och december. Båda proven tas på samma dag.

Hantering och analys av proven

I laboratoriet torkas råslammet i ett värmeskåp och mals (bild 11.1). Någon annan förbehandling görs inte med provet. De radioaktiva ämnen som sänder gammastrålning i de malda proven analyseras med gammaspektrometer.

De radioaktiva ämnena som finns i det rötade slammet och som sänder gammastrålning analyseras utan förbehandling (bild 11.2). För att observera de kortlivade radionukliderna görs mätningen så snabbt som möjligt efter att provet anlänt till laboratoriet. Bestämning av torrsubstansen görs efter mätningen.

Resultat

Exkret från patienterna på cancerkliniker och vid isotopavdelningar i sjukhus där man använder radionuklider går till reningsverket i Viksbacka. Behandlingarna ges oftast bara på vissa dagar så utsläppen i avloppsvattnet fördelas tidsmässigt ojämnt. Till följd av detta finns det stora variationer i halterna av sjukhusnuklider i slammet.

På sjukhus används radionukliderna ¹³¹I, ¹⁵³Sm, ¹⁷⁷Lu och ²⁰¹Tl. ¹³⁷Cs härrör från Tjernobylyolyckan och ²³⁸U är ett radioaktivt ämne som förekommer naturligt i vatten. Halterna av gammaaktiva radionuklider i avfallsslammet år 2015 presenteras i tabell 11.1 (råslam) och i tabell 11.2 (torkat slam).

Kontaktperson: Kaisa Vaaramaa, Strålsäkerhetscentralen (kaisa.vaaramaa@stuk.fi)

11 Radioactive substances in wastewater sludge

In 2009, the programme for the surveillance of environmental radiation was expanded to monitor the occurrence of mainly artificial radionuclides in sludge from the Viikinmäki wastewater treatment plant in Helsinki. Sludge is a sensitive indicator of radionuclides that enter the environment since many radionuclides in wastewater are enriched during the water treatment process. Sludge from the Viikinmäki wastewater treatment plant has been found to contain radionuclides that originate, for instance, in the Chernobyl accident, medical use of radioisotopes and natural sources. Investigating sludge also provides useful information about the transfer of radionuclides in the environment.

The Viikinmäki wastewater treatment plant in Helsinki was commissioned in 1994. The plant processes the wastewater of Helsinki, eastern and central parts of Vantaa, Kerava, Tuusula, Järvenpää, Sipoo, southern part of Mäntsälä and Pornainen. In 2015, about 278,000 m³ of wastewater per day flowed through the plant. The plant produced 64,400 tonnes of dried waste sludge in 2015.

Sampling

Samples of undigested sludge and dewatered sludge from the wastewater treatment plant are collected four times a year and analysed for gamma-emitting radionuclides. Samples are collected in March, June, September and December. Both types of samples are collected on the same day.

Pre-treatment and analyses

In the laboratory, the samples of undigested sludge

are dried in a drying oven and ground into powder (Fig. 11.1). The samples are not pre-treated in any other way. The samples are then analysed gamma-spectrometrically for gamma-emitting radioactive substances.

The samples of dewatered sludge are analysed for gamma-emitting radioactive substances without any pre-treatment (Fig. 11.2). Measurements are carried out as soon as possible after the samples have arrived in the laboratory in order to detect any short-term nuclides. The percentage of dry material in the samples is determined after the measurements.

Results

The Viikinmäki wastewater treatment plant processes excretion from patients who have been treated with radioactive isotopes. Treatments are usually given only on certain weekdays so the emission of radionuclides into wastewater is distributed unevenly regarding the time. As a result, the concentrations of such radionuclides in the sludge vary a great deal.

Radionuclides used in hospitals include ¹³¹I, ¹⁵³Sm, ¹⁷⁷Lu and ²⁰¹Tl. ¹³⁷Cs derives from the Chernobyl accident, while ²³⁸U is a natural radioactive substance that can be found in water. The concentrations of gamma-emitting radionuclides in undigested sludge and dewatered sludge in 2015 are presented in Tables 11.1 and 11.2, respectively.

Contact person: Kaisa Vaaramaa, Radiation and Nuclear Safety Authority (kaisa.vaaramaa@stuk.fi)

Taulukko 11.1. Gammaa emittoivat radionuklidit Viikinmäen jätevedenpuhdistamon raakalietteessä Bq/kg kuivapainoa kohden vuonna 2015.

Tabell 11.1. Gammastrålande radioaktiva ämnen i råslammet från Viksbacka avloppsreningsverk Bq/kg torrsvikt år 2015.

Table 11.1. Gamma-emitting radionuclides in undigested sludge in the Viikinmäki wastewater treatment plant Bq/kg dry weight in 2015.

Sampling date	¹³¹ I	¹³⁷ Cs	¹⁵³ Sm	¹⁷⁷ Lu	²⁰¹ Tl	²³⁸ U
2.3.2015	5000 ± 5% *	5.9 ± 8%	56 ± 7%	1700 ± 6%	75 ± 10%	440 ± 11%
15.6.2015	3800 ± 6%	4.2 ± 9%	-	2300 ± 6%	56 ± 10%	260 ± 11%
7.9.2015	2000 ± 6%	4.9 ± 9%	-	1600 ± 7%	64 ± 14%	200 ± 17%
8.12.2015	1300 ± 5%	7.6 ± 8%	-	950 ± 6%	30 ± 24%	310 ± 14%

*one sigma uncertainty

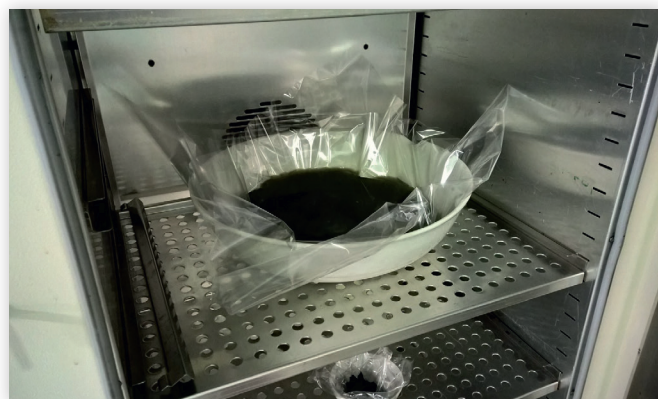
Taulukko 11.2. Gammasäteilyä lähettävät radioaktiiviset aineet Viikinmäen jätevedenpuhdistamon kuivatussa lietteessä Bq/kg kuivapainoa kohden vuonna 2015.

Tabell 11.2. Gammastrålande radioaktiva ämnen i det torkade slammet från Viksbacka avloppsreningsverk Bq/kg torrsvikt år 2015.

Table 11.2. Gamma-emitting radionuclides in dewatered sludge in the Viikinmäki wastewater treatment plant Bq/kg dry weight in 2015.

Sampling date	¹³¹ I	¹³⁷ Cs	¹⁵³ Sm	¹⁷⁷ Lu	²⁰¹ Tl	²³⁸ U
2.3.2015	800 ± 4% *	6.2 ± 5%	-	730 ± 4%	13 ± 12%	720 ± 5%
15.6.2015	630 ± 4%	5.0 ± 5%	-	790 ± 4%	9.8 ± 19%	570 ± 5%
7.9.2015	400 ± 4%	6.2 ± 4%	-	1800 ± 4%	13 ± 11%	460 ± 5%
8.12.2015	320 ± 5%	6.8 ± 5%	-	950 ± 5%	9.0 ± 15%	470 ± 6%

*one sigma uncertainty



Kuva 11.1. Raakaliete kuivataan lämpökaapissa.

Bild 11.1. Råslammet torkas i ett värmeskåp.

Fig. 11.1. Undigested sludge is dried in a drying oven.



Kuva 11.2. Kuivattu liete gammamittausastiassa.

Bild 11.2. Torkat slam i en gammamättnings burk.

Fig. 11.2. Dewatered sludge in a counting vial for gamma measurement.

12 Radioaktiiviset aineet Itämeressä

Kaikki Itämeren maat ovat ratifioineet Helsingin sopimuksen eli Itämeren merellisen ympäristön suojelusopimuksen. Helsinki-komissio (HELCOM) koordinoi kansainvälistä yhteistyötä, joka huolehtii sopimuksen täytäntöönpanosta. Komission suosituksessa 26/3 on määritelty ohjelma, jonka avulla valvotaan radioaktiivisten aineiden esiintymistä, kulkeutumista ja määrää Itämeressä. Kaikki Itämeren rantavaltiot osallistuvat valvontaan omalla osuudellaan. Suomen osuutena on ottaa vuosittain reilut sata näytettä Itämeren vedestä, pohjasedimenteistä, kaloista ja muista eliöistä, analysoida niissä olevat radioaktiiviset aineet ja raportoida tulokset komission tietokantaan. Säteilyturvakeskus vastaa Suomen osuudesta ohjelmassa. Tuloksista laaditaan yhteisraportteja määräajoin. Lisäksi STUK ylläpitää päästörekisteriä, johon kaikkien Itämeren piirissä toimivien ydinvoimalaitosten radioaktiivisten aineiden päästöt raportoidaan vuosittain.

Näytteenotto

Merivesi-, pohjasedimentti-, kala- ja muiden eliönäytteiden (kuten levät ja pohjaeläimet) näytteenottopisteet on esitetty kuvassa 12.1. Näytteet otetaan vuosittain tutkimusalus Arandalla, sekä rannikon läheisyydessä STUKin tai paikallisten näytteenottajien toimesta.

Tulokset

Itämeri on ollut intensiivisen radioekologisen tutkimuksen kohteena jo 1950-luvun lopulta alkaen. Tšernobylin ydinvoimalaitoksessa 1986 tapahtunut onnettomuus lisäsi edelleen siihen kohdistunutta radioekologista mielenkiintoa, sillä Itämeri oli kaikkein eniten laskeumaa saanut merialue maapallolla.

Tšernobylin laskeuma jakautui hyvin epätasaisesti Itämeren valuma-alueelle; eniten laskeumaa kertyi Selkämeren ja itäisen Suomenlahden alueil-

le. Vuosien kuluessa Tšernobyl-cesiumin levinneisyyskuva on muuttunut jokien tuoman cesiumin, vesimassojen sekoittumisen, merivirtojen ja sedimentoitumisen vaikutuksesta. Cesiumia on kulkeutunut virtausten mukana Suomenlahdelta ja Pohjanlahdelta varsinaiselle Itämerelle, ja edelleen Tanskan salmien kautta Pohjanmerelle.

Vuonna 2015 pinnan läheisessä vesikerroksessa mitattiin ^{137}Cs :ää 14–31 becquereliä kuutiometrissä vettä (Bq/m^3). Vaikka ^{137}Cs -pitoisuudet merivedessä ovat laskeneet huippuvuosista (kuva 12.2), Itämeri on yhä yksi maailman saastuneimmista merialueista ^{137}Cs :n suhteen. Merivedestä mitatut tritiumpitoisuudet vaihtelivat $< 1,0$ –115 becquereliä litrassa (Bq/l). Suurimmat tritiumpitoisuudet mitattiin ydinvoimalaitosten välittömässä läheisyydessä.

Suurin osa Itämereen tulleesta radioaktiivisesta cesiumista on vajonnut pohjasedimentteihin. Sedimentin pintakerroksessa ^{137}Cs -pitoisuus vaihteli 160–580 Bq/kg . Pohjasedimenteissä ^{137}Cs :n kokonaismäärät pinnasta noin 30 cm syvyyteen olivat itäisen Suomenlahden ja Selkämeren havaintopaikoissa 27 800–29 300 becquereliä neliömetrillä (Bq/m^2). Muissa Itämeren alueen havaintopaikoissa kokonaismäärät vaihtelivat välillä 750–4 800 Bq/m^2 . Itämeren pohjaan arvioidaan olevan varastoituneena $2,2 \times 10^{15}$ Bq (2,2 terabecquereliä) ^{137}Cs :ää, josta yli puolet on sitoutuneena Selkämeren pohjasedimentteihin.

Vuonna 2015 cesiumin pitoisuudet vaihtelivat Suomen rannikoilta pyydetyissä hauissa 5–15 becquereliä kilossa (Bq/kg) ja olivat silakoissa korkeimmillaan 4,7 Bq/kg (kuva 12.3). Itämeren kaloista suomalaisille aiheutunut sisäisen säteilyannos oli alle 0,5 mikrosieverttiä (μSv) vuonna 2015.

Yhteyshenkilö: Vesa-Pekka Vartti, Säteilyturvakeskus (vesa-pekka.vartti@stuk.fi)

12 Radioaktiva ämnen i Östersjön

Alla Östersjöländer har ratificerat Helsingforskonventionen, Konventionen om skydd av Östersjöområdets marina miljö. Helsingforskommissionen (HELCOM) koordinerar det internationella samarbetet som ser till att konventionen verkställs. HELCOMs rekommendation 26/3 definierar programmet för övervakning av förekomst, transport och mängder av radioaktiva ämnen i Östersjön. Alla Östersjöländer deltar i övervakningen med sina egna nationella program. I Finlands andel ingår tagning av ungefär hundra prov på havsvatten, bottensediment, fisk och annan biota, analysering av radioaktiva ämnen i proverna och rapportering av resultaten till HELCOMs databas. STUK är ansvarigt för Finlands andel i programmet. Resultaten publiceras regelbundet i gemensamma rapporter. Därtill upprätthåller STUK ett utsläppsregister, i vilket parterna rapporterar årliga utsläppsdata från alla de kärnanläggningar som är i drift i Östersjöområdet.

Provtagning

Provtagningsplatserna för havsvatten, bottensediment, fisk och annan biota visas i bild 12.1. Proven tas årligen på det finska forskningsfartyget Aranda samt i kustområdena av STUKs personal eller andra lokala provtagare.

Resultat

Östersjön har sedan 1950-talets slut varit föremål för intensiva radioekologiska undersökningar. Olyckan i Tjernobyl år 1986 ökade dess radioekologiska intresse ytterligare, då Östersjön var det havsområde globalt sett som påverkades mest av Tjernobylnedfallet. Nedfallet fördelades mycket ojämnt i Östersjöns avrinningsområden; områdena kring Bottenhavet och östra Finska viken mottog mest nedfall. Under årens lopp har spridningsbild av Tjernobylcesium förändrats något till följd av cesiumutsläpp med älvar, blandning av vatten-

massorna, havsströmmar och sedimentationsprocesser. Cesium har transporterats med havsströmmarna från Finska viken och Bottenhavet till den egentliga Östersjön och vidare ut i Nordsjön genom de danska sunden.

År 2015 varierade halterna av ^{137}Cs i ytvattnet från 14 till 31 becquerel per kubikmeter vatten (Bq/m^3). Även om ^{137}Cs -halterna i havsvattnet har minskat med tiden efter olyckan i Tjernobyl (bild 12.2), är Östersjön fortfarande världens mest förorenade havsområde vad gäller ^{137}Cs . Tritiumhalterna i havsvatten varierade $<1,0$ –115 becquerel per liter (Bq/l). De högsta tritiumhalterna var observerat nära kärnkraftverkar.

Merpart av ^{137}Cs har sjunkit ner botten sediment. I sediments ytskikt ^{137}Cs halterna varierade 160–580 Bq/kg . I bottensedimenten var totalmängderna av ^{137}Cs från ytan till cirka 30 centimeters djup 27 800–29 300 becquerel per kvadratmeter (Bq/m^2) vid provtagningsstationerna i östra Finska viken och Bottenhavet. Vid de andra stationerna i Östersjön varierade totalmängderna från 750 till 4 800 Bq/m^2 . Den totala mängden ^{137}Cs i Östersjöns botten uppskattas vara cirka $2,2 \times 10^{15}$ Bq (2,2 terabecquerel). Över hälften av detta är bundet i Bottenhavets sediment.

År 2015 varierade cesiumhalterna i gäddor som fiskats längs den finska kusten 5–15 Bq/kg . I strömmingar var cesiumhalten som högst 4,7 Bq/kg (bild 12.3). Den interna stråldos som finländare fick från Östersjöfiskar år 2015 uppskattades vara mindre än 0,5 mikrosievert (μSv).

Kontaktperson: Vesa-Pekka Vartti, Strålsäkerhetscentralen (vesa-pekka.vartti@stuk.fi)

12 Radioactive substances in the Baltic Sea

All Baltic Sea countries have ratified the Helsinki Convention, the Convention on the Protection of the Marine Environment of the Baltic Sea Area. The Helsinki Commission (HELCOM) co-ordinates international co-operation focusing on the implementation of the Convention. Recommendation 26/3 of the HELCOM defines the programme for monitoring the occurrence, transport and amounts of radionuclides in the Baltic Sea. All the Baltic Sea countries contribute to the monitoring with their own national programmes. The Finnish contribution consists of about 100 annual samples from seawater, bottom sediments, fish and other biota, the analysis of radioactive substances and the reporting of the results to the HELCOM database. STUK is responsible for the Finnish part of the programme. The results are published in joint reports regularly. In addition, STUK maintains a Discharge Register, to which the Contracting Parties annually report discharge data from all nuclear facilities operating in the Baltic Sea area.

Sampling

The sampling stations or areas for seawater, bottom sediments, fish and other biota are shown in Fig. 12.1. The samples are taken annually on board the Finnish Research Vessel Aranda or in the coastal areas by the staff of STUK or other local people.

Results

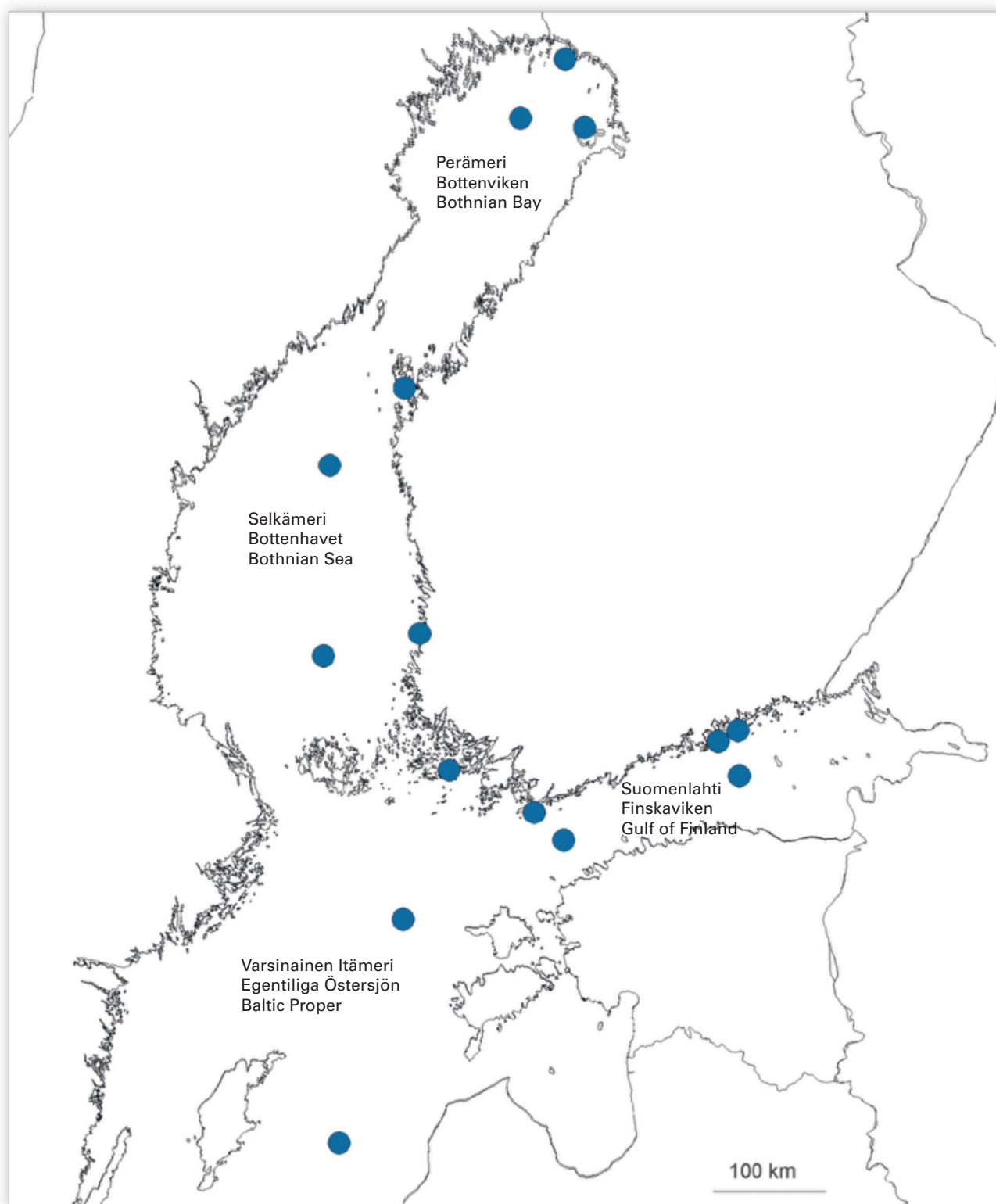
Since the late 1950s, the Baltic Sea has been an object of intensive radioecological studies. The accident at the Chernobyl NPP in 1986 further increased its radioecological interest because the Baltic was the marine area most affected by the Chernobyl fallout. The fallout from Chernobyl was very unevenly dispersed in the drainage area of the Baltic Sea; the areas of the Gulf of Bothnia and the eastern part of the Gulf of Finland

received most of deposition. In the course of time, the distribution pattern of the Chernobyl-derived cesium has somewhat changed as a consequence of river discharges, the mixing of water masses, sea currents and sedimentation processes. Cesium has been transported by sea currents from the Gulf of Finland and the Gulf of Bothnia into the Baltic Proper and further out from the Baltic Sea through the Straits of Denmark.

In 2015, the ^{137}Cs concentrations of surface water varied from 14 to 31 becquerel per cubic metre (Bq/m^3). Even though the ^{137}Cs concentrations in seawater have decreased with time (Fig. 12.2), the Baltic Sea is still the most contaminated sea in the world with respect of ^{137}Cs . Tritium concentrations in sea water varied $< 1,0\text{--}115$ (Bq/l). The highest tritium concentrations were measured in vicinity of nuclear power plants.

Most of the ^{137}Cs present in the Baltic Sea has buried in the bottom sediments. In the surface layer of sediment the ^{137}Cs concentration varied $160\text{--}580$ Bq/kg . The total amounts of ^{137}Cs in bottom sediments were $27\,800\text{--}29\,300$ Bq/m^2 at the sampling stations of the eastern Gulf of Finland and the Bothnian Sea. At the other stations in the Baltic Sea, the amounts of cesium were clearly smaller: $750\text{--}4\,800$ Bq/m^2 . According to a recent evaluation, the total inventory of ^{137}Cs in the Baltic Sea sediments was about 2.2×10^{15} Bq (2,2 tera becquerel), and more than half of this was bound in the seabed of the Gulf of Bothnia. In 2015, the cesium concentrations varied $5\text{--}15$ Bq/kg in pikes caught on Finnish coasts (Fig. 12.3) while in Baltic herrings they were $4,7$ Bq/kg at maximum. The internal radiation dose from Baltic Sea fish to Finnish people was estimated to be less than $0,5$ μSv in 2015.

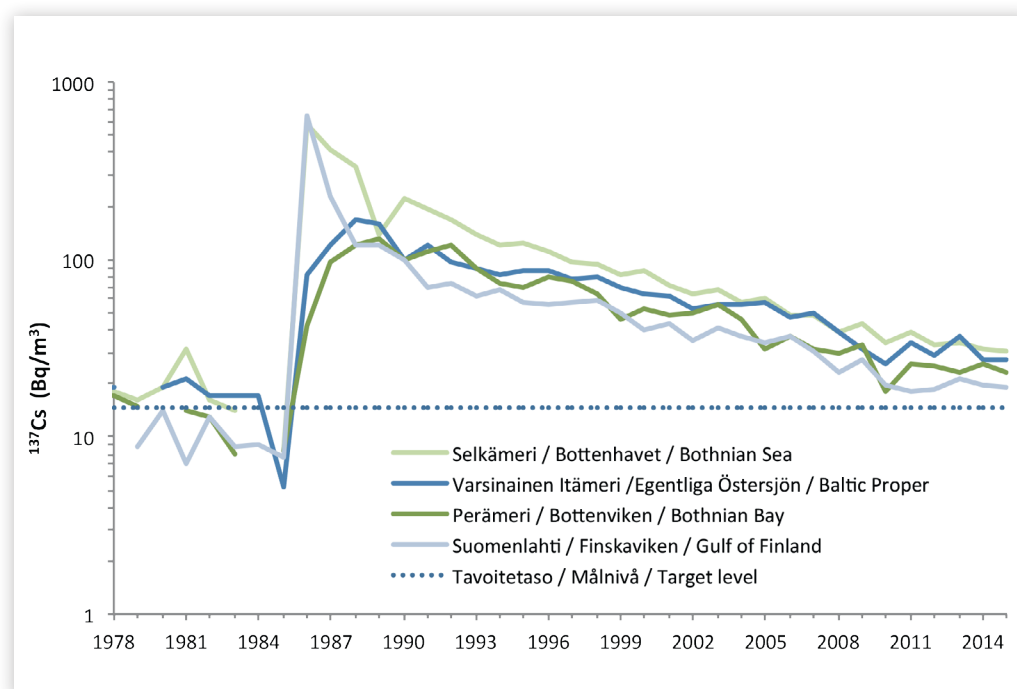
Contact person: Vesa-Pekka Vartti, Nuclear Safety Authority (vesa-pekka.vartti@stuk.fi)



Kuva 12.1. Näytteenottopisteet merivedelle, pohjasedimentille, kaloille ja muulle biotalle.

Bild 12.1. Provtagningsplatserna för havsvatten, bottensediment, fisk och annan biota.

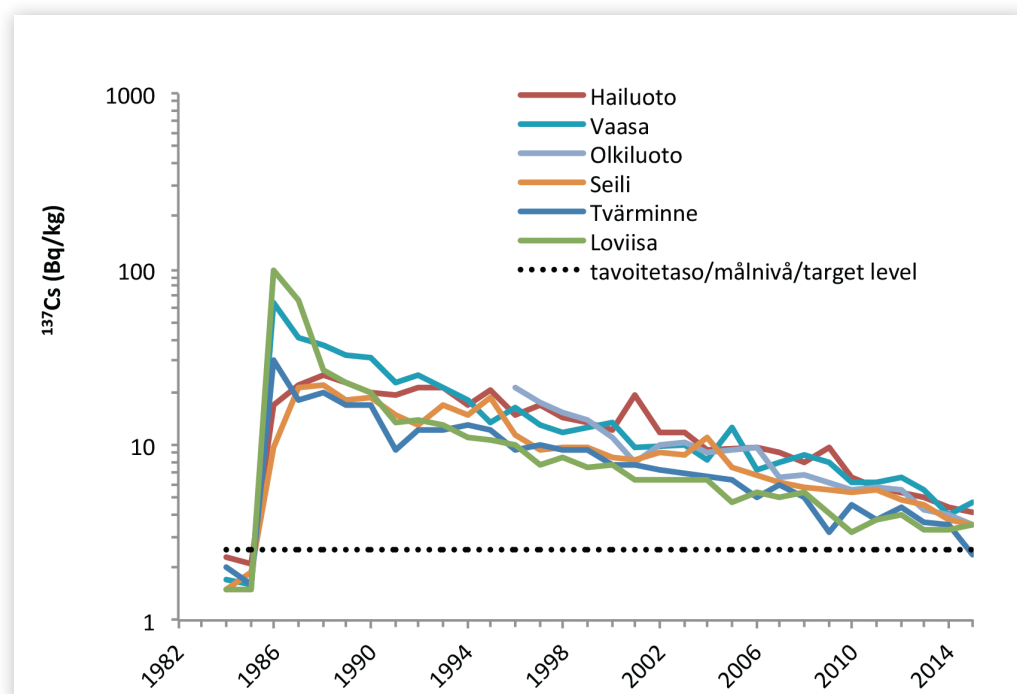
Fig. 12.1. Sampling stations and areas for sea water, bottom sediment, fish and other biota.



Kuva 12.2. ^{137}Cs :n aktiivisuuspitoisuus (Bq/m^3) merivedessä vuosina 1980–2015.

Bild 12.2. ^{137}Cs -halter (Bq/m^3) i ytvatten år 1980–2015.

Fig. 12.2. Activity concentration of ^{137}Cs (Bq/m^3) in seawater during 1980–2015.



Kuva 12.3. ^{137}Cs :n aktiivisuuspitoisuus (Bq/kg) Itämerestä pyydystetyssä silakassa 1984–2015.

Bild 12.3. ^{137}Cs -halter (Bq/kg) i fisk (strömmingar) i Östersjön år 1984–2015.

Fig. 12.3. Activity concentration of ^{137}Cs (Bq/kg) in fish (herring) in the Baltic Sea during 1984–2015.

13 Sisäilman radon

Sisäilman radonin pääasiallinen lähde on maaperän uraanipitoinen kiviaines. Korkeita radonpitoisuuksia esiintyy niissä asunnoissa, joiden perusrakenteet eivät ole riittävän tiiviitä estämään radonpitoisen maaperän huokosilman pääsy sisätiloihin. Radonkorjauksiin löytyy tehokkaita keinoja.

Sosiaali- ja terveysministeriön asettama enimmäisarvo 400 Bq/m³ ylittyy arviolta 47 000 suomalaisessa pientaloasunnossa. Väestön keskimääräinen sisäilman radonpitoisuus v. 2015 asunnoissa arvioitiin olevan noin 94 Bq/m³.

13.1 Radonpurkkimittaukset

Vuonna 2015 Säteilyturvakeskuksen radonpurkkeilla tehtiin 5 641 radonmittausta asunnoissa. Useissa Suomen kunnissa radonpitoisuuden 200 Bq/m³ ylitykset ovat yleisiä (kuva 13.1). Vuonna 2015 tehdyissä mittauksissa uusien asuntojen radonpitoisuuden enimmäisarvo 200 Bq/m³ ylittyi 36 %:ssa, 300 Bq/m³ 21 %:ssa ja vanhojen asuntojen enimmäisarvo 400 Bq/m³ ylittyi 14 %:ssa mittauksia. On kuitenkin huomioitava, että kansallisesta radontietokannasta saadut pitoisuudet yliarvioivat radonpitoisuuksia, koska esim. korkean radonpitoisuuden alueilla asuntoja mitataan enemmän kuin muualla. Koko Suomen pientaloasunnoista on mitattu alle 10 %, mutta korkean radonpitoisuuden kunnissa mitattuja asuntoja on yli 20 %.

Tehokkaimmin radonia torjutaan rakennusvaiheen toimenpiteillä; rakentamalla alapohjarakenteet tiiviiksi ja asentamalla lattialaatan alle radonputkisto. Nykyään yli puoleen uusista rakennuksista tehdään radontorjuntatoimenpiteitä. Radonpitoisuudet ovat alkaneet laskea pientaloissa 1980-luvun puolivälistä alkaen (kuva 13.2). Lasku on ollut erityisen merkittävää korkean radonpitoisuuden maakunnissa. Tämä johtunee siitä, että korkeiden radonpitoisuuksien alueilla rakennuslupaviranomaiset vaativat yleensä radontorjuntatoimenpiteitä. Vuonna 2003 rakennetuissa pientaloissa ei enää voitu nähdä eroja sisäilman radonpitoisuuksissa korkean radonpitoisuuden maakuntien ja muiden alueiden välillä.

Radontorjuntaan kuuluu myös radonpitoisuuden mittaaminen ja tarvittaessa radonputkiston aktivoiminen, mitkä jäävät useimmiten tekemättä. Radonpitoisuuksien valtakunnallista kehittymistä on seurattava, koska tapa rakentaa muuttuu ja kehittyy koko ajan ja sillä voi olla merkittäviä vaikutusta sisäilman radonpitoisuuksiin.

13.2 Ilman radonia -kampanjat

Sosiaali- ja terveysministeriön tukemia Ilman radonia -kampanjoita pidetään yhteistyössä kuntien kanssa. Radonkampanjoiden tavoitteena on lisätä radonriskitietoisuutta sekä kansalaisten radonmittaus ja -korjausaktiivisuutta. Kampanjoissa tarjotaan alueen asukkaille alueellista radontietoa ja edullisia radonmittauksia. Kampanjaohjelmaan kuuluu myös alueiden radonkorjaustilanteen seuranta sekä radonkorjauskoulutuksen järjestäminen yrityksille ja kuntien viranomaisille. Kampanja-alueen terveydensuojeluviranomaisen käyttöön tuotetaan raportti mittauskohteista ja mittaustuloksista.

Vuonna 2015 valmistuivat tulokset Päijät-Hämeen ja neljän kunnan (Enontekiö, Humppila, Laitila ja Ruovesi) radonkampanjoista (Taulukko 13.1). Neljän kunnan kampanjassa tarjottiin mm. kahdellesadalle asukkaalle ilmainen radonmittaus ja lopuille halukkaille kampanjahintaan. Joulukuussa 2015 järjestettiin radonkampanja Pirkanmaalla ja sen tulokset raportoidaan v. 2016.

Radonkorjauskoulutus yrityksille, kiinteistöalan ammattilaisille ja viranomaisille järjestettiin 26.3.2015 Lahdessa. Osallistujia oli 42 hlöä. Tulosten julkistustilaisuus ja asukasilta järjestettiin Lahdessa 25.5.2015. Tilaisuuteen osallistui 35 henkilöä. Asukasiltaan kutsuttiin erityisellä kirjeellä asukkaat, joiden mittaustulos ylitti 200 Bq/m³. Kaikkiaan lähetettiin 411 kutsua (171 kirjettä ja 240 sähköpostia).

Yhteyshenkilö: Päivi Kurttio, Säteilyturvakeskus
(paivi.kurttio@stuk.fi)

13 Radon i inomhusluften

Radon i inomhusluften härstammar oftast från uranhaltigt stenmaterial i marken. Höga radonhalter förekommer i de bostadslägenheter, vars grundkonstruktion inte är tillräckligt tät för att förebygga att radonhaltig jordluft tränger in i huset. Det finns effektiva metoder för radonsanering.

Det maximala värdet 400 Bq/m³ som social- och hälsovårdsministeriet bestämt överskrids i uppskattningsvis 47 000 småhusbostäder i Finland. Den genomsnittliga radonhalten i inomhusluften i bostäder uppskattades 2015 till cirka 94 Bq/m³.

13.1 Radonmätning med bruk

År 2015 gjordes det 5 641 radonmätningar i bostäder med Strålsäkerhetscentralens radonburkar. I flera kommuner i Finland är det vanligt att radonhalten 200 Bq/m³ överskrids (bild 13.1). I mätningar från 2015 överskreds maximivärdet för radonhalten i nya bostäder, 200 Bq/m³, i 36 procent av mätningarna, värdet 300 Bq/m³ i 21 procent av mätningarna och maximivärdet för radonhalten i gamla bostäder, 400 Bq/m³, överskreds i 14 procent av mätningarna. Det bör dock beaktas att halterna som fåtts från den nationella radondatabasen överskattar radonhalterna, till exempel eftersom det görs fler mätningar i bostäderna i områden med hög radonhalt än på andra platser. I hela Finland har man mätt mindre än 10 procent av alla småhusbostäder, men i kommuner med hög radonhalt har fler än 20 procent av bostäderna mätts.

Det effektivaste sättet att bekämpa radon är genom åtgärder under byggtiden; genom att bygga en tät konstruktion i det nedre bjälklaget och montera ett radonrörverk under golvplattan. Numera vidtas radonbekämpande åtgärder i över hälften av alla nya byggnader. Radonhalterna har sedan mitten av 1980-talet börjat minska i småhus (bild 13.2). Speciellt stor har minskningen varit i landskap med hög radonhalt. Detta torde bero på att i områden med hög radonhalt kräver bygglovmyndigheten ofta radonbekämpande åtgärder. I småhus byggda 2003 kunde man inte längre se någon skillnad i radonhalten mellan landskap med hög radonhalt och andra regioner. Till radonbekämpning hör även mätning av radonhalten och vid behov aktivering av

ett radonrörverk, åtgärder som oftast försummas. Den nationella utvecklingen av radonhalterna måste följas upp, eftersom byggmetoderna hela tiden förändras och utvecklas, vilket kan ha betydande inverkan på radonhalten i inomhusluften.

13.2 Utan radon-kampanjer

Utan radon-kampanjer, som får understöd av social- och hälsovårdsministeriet, drivs i samarbete med kommunerna. Målet med radonkampanjerna är att öka medvetandet om radon och medborgarnas aktivitet inom radonmätning och -sanering. I kampanjerna erbjuds invånarna i området regional radoninformation och förmånliga radonmätningar. I kampanjprogrammet ingår även uppföljning av regionens radonsaneringsläge och ordnande av radonsaneringsutbildning för företag och kommunala myndigheter. För hälsoinspektörerna i kampanjområdet framställs en rapport om mätobjekt och -resultat.

2015 färdigställdes resultaten från radonkampanjerna i Päijäne-Tavastland och fyra kommuner (Enontekiö, Humppila, Laitila och Ruovesi) (tabell 13.1). I kampanjen i de fyra kommunerna erbjöds bland annat 200 invånare gratis radonmätning och de övriga invånarna erbjöds radonmätning till kampanjpris. I december 2015 ordnades en radonkampanj i Birkaland, vars resultat rapporteras 2016.

Utbildning i radonsanering för företag, yrkesmän inom fastighetsbranschen och myndigheter anordnades den 26 mars 2015 i Lahtis. Antalet deltagare uppgick till 42 personer. Resultaten offentliggjordes och ett invånarmöte ordnades i Lahtis den 25 maj 2015. 35 personer deltog vid tillställningen. Till invånarkvällen inbjöds med separat brev de boende vars mätresultat överskred 200 Bq/m³. Sammanlagt skickades det ut 411 inbjudningar (171 brev och 240 e-postmeddelanden).

Kontaktperson: Päivi Kurttio, Strålsäkerhetscentralen (paivi.kurttio@stuk.fi)

13 Radon in indoor air

The primary source of radon in indoor air are soil minerals containing uranium. High radon concentrations occur in homes, whose foundations are not sufficiently well sealed to prevent the entry of radon-bearing soil gas. There are effective methods for indoor air radon mitigation.

It is estimated that the reference value of 400 Bq/m³ set by the Ministry of Social Affairs and Health, is exceeded in 47,000 Finnish detached or semi-detached dwellings. The average indoor air radon concentration for the members of the public in 2015 was estimated at 94 Bq/m³.

13.1 Radon measurements

In 2015, Radiation and Nuclear Safety Authority sent 5,641 passive radon detectors for radon measurements in dwellings. In several Finnish municipalities, radon concentrations exceeding 200 Bq/m³ is common (Figure 13.1) In the measurements performed in 2015, the target level of 200 Bq/m³ set for new buildings was exceeded in 36% of the measurements, concentration of 300 Bq/m³ was exceeded in 21%, and the reference level of 400 Bq/m³ set for existing dwellings was exceeded in 14% of the measurements. It should be noted, however, that the concentrations retrieved from the national radon database overestimate the mean radon concentrations, since dwellings located in radon-prone areas are measured more extensively than elsewhere in the country. Less than 10% of the detached and semi-detached dwellings in entire Finland have been measured, but the corresponding percentage in municipalities with high radon concentrations is over 20%.

Indoor air radon is most effectively prevented by measures taken at the construction stage: building the base floor structures impermeable to radon and installing radon piping under the concrete base slab. Today, over half of new buildings undergo radon prevention measures. Radon concentrations in detached and semi-detached dwellings have been on the decline since the mid-1980s (Figure 13.2). The decline has been particularly substantial in radon-prone areas. This is most likely due to the fact that, in radon-prone areas, the local planning authority usually require radon prevention measures to be taken. Detached and semi-detached dwellings constructed in 2003 no longer dis-

played any differences in indoor radon concentrations between radon-prone areas and other regions. Radon prevention should include measurement of radon concentrations and, if needed, activation of radon piping. These are often neglected. The national trend in radon concentration must be monitored, since construction methods are continuously changing and evolving and may have a substantial effect on indoor air radon concentrations.

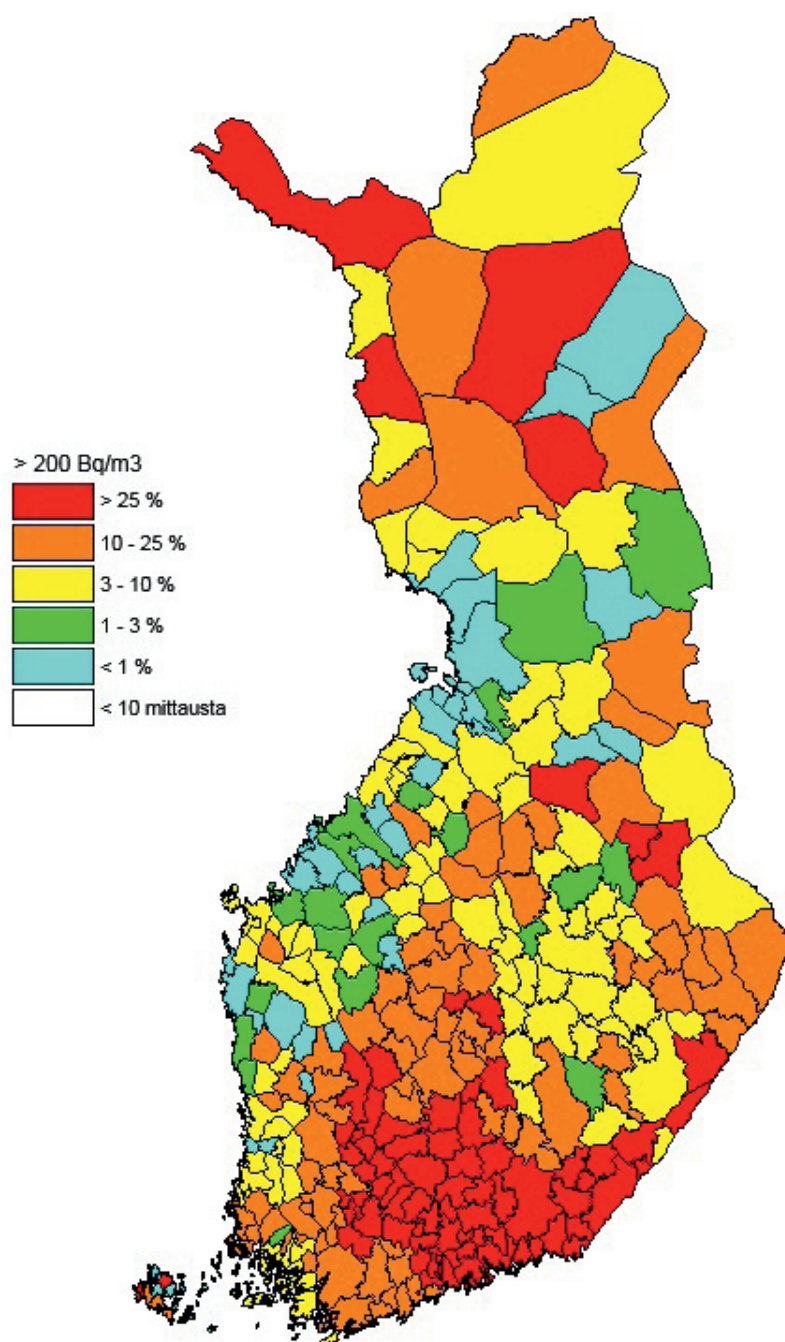
13.2 Radon campaigns

The radon campaigns supported by the Ministry of Social Affairs and Health are arranged in cooperation with the municipalities. The aim of these campaigns is to increase radon risk awareness, to promote indoor air radon measurements and to increase radon mitigation activities among citizens. During the campaigns, residents are offered local radon information and radon measurements at reduced prices. The campaign also includes local surveying the state of radon mitigation in dwellings and organisation of radon mitigation training for companies and municipal authorities. A report on measurement locations and results is produced for the use of health inspectors in the campaign area.

The radon campaigns in Päijät-Häme and four municipalities (Enontekiö, Humppila, Laitila and Ruovesi) were completed in 2015 (Table 13.1). During the campaign of four municipalities, free radon measurements were offered for 200 residents and the rest at reduced prices. A radon campaign was arranged in Pirkanmaa in December 2015 and its results will be reported in 2016.

Radon mitigation training was organised in Lahti on 26 March 2015. There were 42 participants representing building companies, real estate professionals and local authorities. Publication of the results took place in Lahti on 25 May 2015 in a residents' evening event, where 35 residents were present. Home owners whose measurement result was over 200 Bq/m³ were invited to the residents' evening with a special invitation letter. A total of 411 invitations were sent out (171 letters and 240 e-mails).

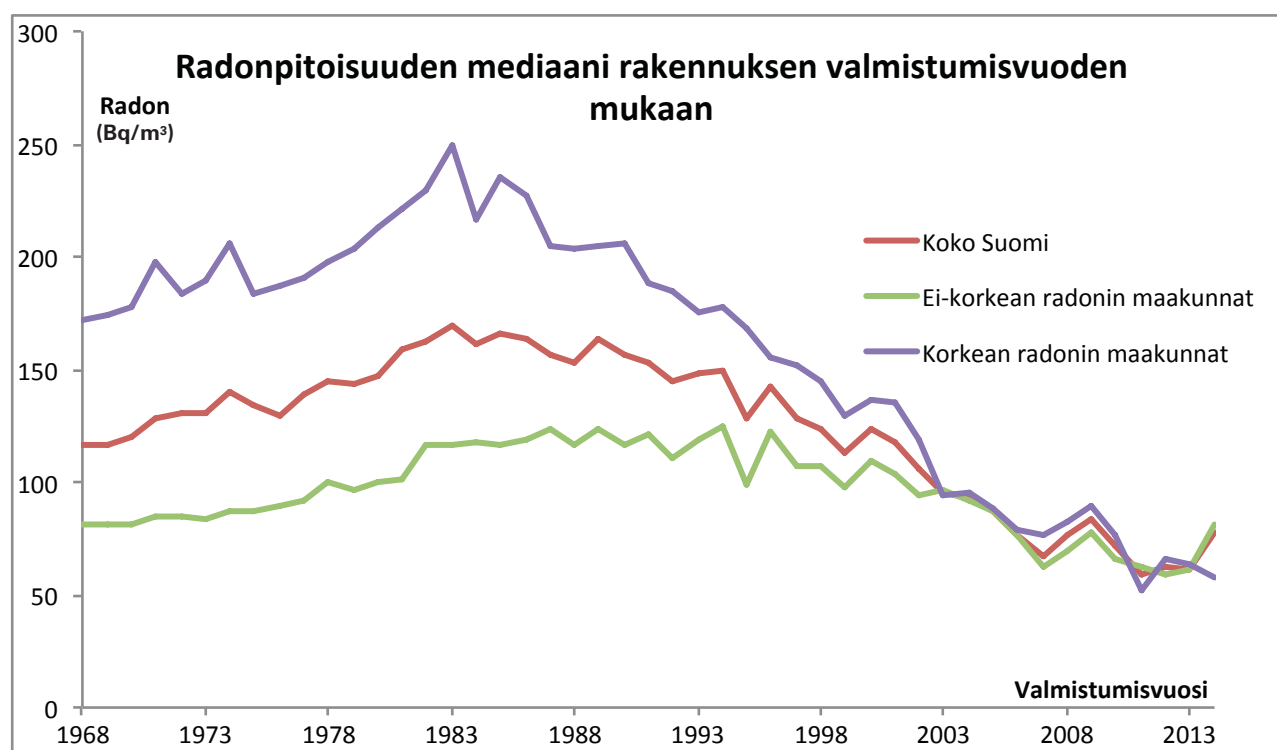
Contact person: Päivi Kurttio, Nuclear Safety Authority (paivi.kurttio@stuk.fi)



Kuva 13.1. Uusille rakennuksille asetetun suunnittelu- ja rakentamisen radonpitoisuuden enimmäisarvon 200 Bq/m³ ylitysten osuudet kunnittain pientaloissa STUKin kansallisen radontietokannan mukaan.

Bild 13.1. Andelen fall där maximivärdet för radonhalten för nya bostäder 200 Bq/m³ överskrids i småhus enligt kommun. Källa: STUK:s nationella radondatabas.

Figure 13.1. Percentages exceeding the target level of 200 Bq/m³ set for the design and construction of new buildings in detached and semi-detached dwellings according to STUK's national radon database.



Kuva 13.2. Pientalojen viimeksi mitattujen radonpitoisuuksien (Bq/m^3) mediaanit rakennuksen valmistumisvuoden mukaan korkean radonpitoisuuden maakunnissa (Etelä-Karjalan, Kanta-Hämeen, Kymenlaakson, Pirkanmaan, Päijät-Hämeen ja entisen Itä-Uudenmaan maakunnissa) ja muissa maakunnissa sekä koko Suomessa.

Bild 13.2. Medianer för senast mätta radonhalter (Bq/m^3) i småhus enligt husets byggår i landskap med hög radonhalt (Södra Karelen, Egentliga Tavastland, Kymmenedalen, Birkaland, Päijänne-Tavastland och före detta Östra Nyland) och i andra landskap samt hela Finland.

Figure 13.2. Medians of indoor air radon concentrations (Bq/m^3) in detached and semi-detached dwellings according to the year of construction in radon-prone regions (Southern Karelia, Kanta-Häme, Kymenlaakso, Pirkanmaa, Päijät-Häme and the former Eastern Uusimaa), in other regions, and all of Finland.

Taulukko 13.1. Yhteenveto Päijät-Hämeen radontalkoiden ja ensimmäisten Ilman radonia -kampanjoiden radonpitoisuuksista.

Tabell 13.1. Sammanfattning av radonhalterna vid radontalkon i Päijänne-Tavastland och vid de första Utan radon-kampanjerna.

Table 13.1. Summary of the radon concentrations measured during the radon campaigns in Päijät-Häme and four municipalities (Enontekiö, Humpvila, Laitila and Ruovesi).

	Päijät-Häme	Enontekiö	Humpvila	Laitila	Ruovesi
Radonpitoisuuden keskiarvo Bq/m^3 Radonmedelvärde Bq/m^3 Average radon concentration Bq/m^3	313	258	296	237	119
> 1,000 Bq/m^3	54 (4%)	2 (3%)	4 (5%)	1 (3%)	0 (0%)
> 400 Bq/m^3	273 (20%)	11 (17%)	10 (13%)	5 (14%)	1 (2%)
> 300 Bq/m^3	420 (31%)	16 (24%)	15 (20%)	6 (17%)	2 (5%)
> 200 Bq/m^3	681 (50%)	24 (36%)	22 (29%)	9 (25%)	7 (17%)
Kampanjassa tilattiin radonmittauksia (kpl) I kampanjen beställdes radonmätningar (st.) Radon measurements ordered during the campaign (pcs)	1,374	66	76	36	41

14. Erillishankkeet

14.1 Päiväkotien radon

Osana ympäristön säteilyvalvontaohjelmaa sekä kohdennettua työpaikkojen radonvalvontaa toteutettiin päiväkotien radonhanke korkean radonpitoisuuden kunnissa, joissa tunnistettiin lähes tuhat päiväkotia. Tavoitteena oli vähentää pienten lasten ja päiväkodeissa työskentelevien työntekijöiden altistumista radonille. Radonmittaukset oli jätetty tekemättä 60 %:ssa päiväkodeista, joten tiedolle työpaikkojen radonmittausvelvollisuudesta oli todellinen tarve. Hankkeen aikana mitatuissa päiväkodeissa radonpitoisuudet olivat keskimäärin matalia (81 Bq/m³) (Taulukko 14.1.). Radonpitoisuus ylitti toimenpidearvon 400 Bq/m³ noin 4 %:ssa mittauspisteistä ja näihin STUK antoi määräyksiä pienentää radonpitoisuutta tai ryhtyä lisäselvityksiin. Yli sadan mittausvelvollisen päiväkodin radonpitoisuus jäi vielä tuntemattomaksi, ja STUK jatkaa näiden päiväkotien

tehostettua valvontaa. Päiväkotikohtaiset mitaustulokset voi lukea STUKin internetsivuilta Päiväkotien radonpitoisuudet -sivulta.

Niitä päiväkoteja, joissa toimenpidearvo 400 Bq/m³ ylittyi yhdessäkin mittauspisteessä, pyydettiin ilmoittamaan hoidossa olevien lasten lukumäärä. Lukumäärä oli yhteensä 599 vaihdelen välillä 6–90. Jos päiväkoti ilmoitti, että toimenpidearvo oli ylittynyt sellaisessa mittauspisteessä, jossa lapset eivät oleskele (kaksi päiväkotia), kyseisen päiväkodin lapsilukumäärää ei otettu huomioon. Säteilyannos kertyy ihmiselle koko eliniän ajan, joten on tärkeää, että lapsia suojellaan radonaltistukselta.

Yhteyshenkilö: Katja Kojo, Säteilyturvakeskus
(katja.kojo@stuk.fi)

Taulukko 14.1. Sisäilman radonpitoisuudet mitatuissa päiväkodeissa kunnittain mittauskaudella 2014–2015. Taulukossa on mukana kaikki korkean radonpitoisuuden kunnat.

Kunta*	Mitattujen päiväkotien lukumäärä kunnassa	Kunnan kaikkien päiväkotien radonpitoisuus***		Päiväkoteja, joissa ainakin yhden mittauspisteen tulos ylittää		
		keskiarvo Bq/m ³	maksimi Bq/m ³	200 Bq/m ³	300 Bq/m ³	400 Bq/m ³
Asikkala	5	146	411	20%	20%	20%
Askola	-	-	-	-	-	-
Enontekiö	4	59	131	0%	0%	0%
Hamina	10	50	171	0%	0%	0%
Hattula	-	-	-	-	-	-
Hausjärvi	6	49	214	17%	0%	0%
Heinola	1	2	2	0%	0%	0%
Hollola	12	215	2,426	8%	8%	8%
Humppila**	-	-	-	-	-	-
Hyvinkää	15	155	699	33%	20%	7%
Hämeenkoski	1	11	11	0%	0%	0%
Hämeenlinna	2	73	104	0%	0%	0%
Iitti	6	81	295	17%	17%	0%
Imatra	7	49	255	14%	0%	0%
Janakkala	10	46	155	0%	0%	0%
Järvenpää	31	62	398	16%	10%	0%
Kajaani	28	32	210	4%	4%	4%
Kangasala	9	78	287	11%	0%	0%
Kauniainen	1	68	68	100%	0%	0%
Kitee	1	52	52	0%	0%	0%

Kunta*	Mitattujen päiväkotien lukumäärä kunnassa	Kunnan kaikkien päiväkotien radonpitoisuus***		Päiväkoteja, joissa ainakin yhden mittauspisteen tulos ylittää		
		keskiarvo Bq/m ³	maksimi Bq/m ³	200 Bq/m ³	300 Bq/m ³	400 Bq/m ³
Kittilä	7	96	474	14%	14%	14%
Kivijärvi	1	221	221	100%	0%	0%
Kolari	-	-	-	-	-	-
Kotka	31	59	333	13%	3%	0%
Kouvola	8	55	173	0%	0%	0%
Kuhmoinen	1	21	21	0%	0%	0%
Kärkölä	1	42	42	0%	0%	0%
Lahti	40	83	712	13%	10%	5%
Lapinjärvi	-	-	-	-	-	-
Lappeenranta	36	55	192	8%	6%	3%
Lemi	2	7	8	0%	0%	0%
Lempäälä	7	41	88	0%	0%	0%
Loppi	2	34	67	0%	0%	0%
Loviisa	-	-	-	-	-	-
Luhanka	2	196	296	50%	0%	0%
Luumäki	2	29	32	0%	0%	0%
Miehikkälä	3	181	215	33%	0%	0%
Myrskylä	1	163	163	100%	100%	100%
Mäntsälä	21	79	313	19%	19%	0%
Nastola	10	140	514	20%	20%	20%
Nokia	16	100	290	25%	0%	0%
Orimattila	3	168	332	33%	33%	0%
Padasjoki	2	75	106	0%	0%	0%
Parikkala**	-	-	-	-	-	-
Pornainen	1	58	58	0%	0%	0%
Porvoo	25	112	864	16%	12%	8%
Pukkila**	-	-	-	-	-	-
Pyhtää	3	99	189	0%	0%	0%
Pälkäne	11	104	768	9%	9%	9%
Riihimäki	14	48	204	7%	0%	0%
Ruokolahti	-	-	-	-	-	-
Ruovesi	-	-	-	-	-	-
Savitaipale	4	122	192	0%	0%	0%
Siuntio	4	60	100	0%	0%	0%
Sodankylä	7	110	304	29%	14%	0%
Taipalsaari	4	82	128	0%	0%	0%
Tammela	2	30	33	0%	0%	0%
Tampere	54	79	680	11%	9%	4%
Tohmajärvi**	-	-	-	-	-	-
Virolahti	2	40	70	0%	0%	0%
Ylöjärvi	6	120	542	17%	17%	17%
Kaikki mitatut päiväkodit	482	81	2,426	13%	8%	4%

* Taulukossa ne kunnat (n=11), joissa mittauskaudella 2014–2015 ei tehty päiväkotien radonmittauksia, on merkitty " - "

** Neljässä kunnassa (Humppila, Parikkala, Pukkila ja Tohmajärvi) kartoitukseen kutsuttujen päiväkotien radonpitoisuus oli jo mitattu aiemmin, eikä uusia mittauksia edellytetty mittauskaudella 2014–2015.

*** Yhden päiväkodin radonpitoisuus on laskettu eri mittauspisteiden (jos useita) tulosten keskiarvona.

14. Särskilda projekt

14.1 Radon i daghem

Som en del av programmet för strålningsövervakning av miljön och den inriktade radonövervakningen på arbetsplatser utfördes radon i daghem-projektet i kommuner med hög radonhalt. Inom projektet identifierades närmare 1 000 daghem. Målet var att minska radonexponeringen för små barn och arbetstagare vid daghem. Vid 60 procent av daghemmen hade inga radonmätningar gjorts och därmed existerade ett verkligt behov av information om arbetsplatsernas skyldighet att utföra radonmätningar. I de daghem där mätningar gjordes under projektet var den genomsnittliga radonhalten låg (81 Bq/m³) (tabell 14.1.). Radonhalten överskred åtgärdsnivån 400 Bq/m³ vid cirka 4 procent av mätpunkterna och för dessa utfärdade STUK föreläggande om att minska radonhalten eller inleda ytterligare utredningar. I fler än 100 daghem med mätningsskyldighet förblev radonhalten fortfarande okänd och

STUK fortsätter en intensifierad övervakning av dessa daghem. Daghemsspecifika mätresultat kan läsas på STUK:s webbplats på sidan Radonhalter i daghem.

De daghem där åtgärdsnivån 400 Bq/m³ överskreds ens vid en mätpunkt ombads meddela antalet barn som vårdas vid daghemmet. Detta antal var sammanlagt 599 barn och varierade mellan 6 och 90. Om ett daghem meddelade att åtgärdsnivån överskridits vid en mätpunkt där barn inte vistas (två daghem), lämnades barnantalet vid detta daghem obeaktat. Stråldosen ansamlas i människan under hela livstiden och därför är det viktigt att skydda barn mot radonexponering.

Kontaktperson: Katja Kojo, Strålsäkerhetscentralen (katja.kojo@stuk.fi)

Tabell 14.1. Radonhalterna i inomhusluften i de daghem där mätningar gjordes enligt kommun under mätperioden 2014–2015. Tabellen omfattar samtliga kommuner med hög radonhalt.

Kommun*	Antalet daghem i kommunen där mätningar har gjorts	Radonhalten i alla daghem i kommunen ***		Daghem där resultatet vid minst en mätpunkt överskrider värdet		
		medelvärde Bq/m ³	maximivärde Bq/m ³	200 Bq/m ³	300 Bq/m ³	400 Bq/m ³
Asikkala	5	146	411	20%	20%	20%
Askola	-	-	-	-	-	-
Enontekis	4	59	131	0%	0%	0%
Fredrikshamn	10	50	171	0%	0%	0%
Hattula	-	-	-	-	-	-
Hausjärvi	6	49	214	17%	0%	0%
Heinola	1	2	2	0%	0%	0%
Hollola	12	215	2,426	8%	8%	8%
Humppila**	-	-	-	-	-	-
Hyvinge	15	155	699	33%	20%	7%
Hämeenkoski	1	11	11	0%	0%	0%
Tavastehus	2	73	104	0%	0%	0%
Itis	6	81	295	17%	17%	0%
Imatra	7	49	255	14%	0%	0%
Janakkala	10	46	155	0%	0%	0%
Träskända	31	62	398	16%	10%	0%
Kajana	28	32	210	4%	4%	4%
Kangasala	9	78	287	11%	0%	0%
Grankulla	1	68	68	100%	0%	0%
Kides	1	52	52	0%	0%	0%
Kittilä	7	96	474	14%	14%	14%

Kommun*	Antalet daghem i kommunen där mätningar har gjorts	Radonhalten i alla daghem i kommunen ***		Daghem där resultatet vid minst en mätpunkt överskrider värdet		
		medelvärde Bq/m ³	maximivärde Bq/m ³	200 Bq/m ³	300 Bq/m ³	400 Bq/m ³
Kivijärvi	1	221	221	100%	0%	0%
Kolari	-	-	-	-	-	-
Kotka	31	59	333	13%	3%	0%
Kouvola	8	55	173	0%	0%	0%
Kuhmois	1	21	21	0%	0%	0%
Kärkölä	1	42	42	0%	0%	0%
Lahtis	40	83	712	13%	10%	5%
Lapträsk	-	-	-	-	-	-
Villmanstrand	36	55	192	8%	6%	3%
Lemi	2	7	8	0%	0%	0%
Lembois	7	41	88	0%	0%	0%
Loppis	2	34	67	0%	0%	0%
Lovisa	-	-	-	-	-	-
Luhango	2	196	296	50%	0%	0%
Luumäki	2	29	32	0%	0%	0%
Miehikkälä	3	181	215	33%	0%	0%
Mörskom	1	163	163	100%	100%	100%
Mäntsälä	21	79	313	19%	19%	0%
Nastola	10	140	514	20%	20%	20%
Nokia	16	100	290	25%	0%	0%
Orimattila	3	168	332	33%	33%	0%
Padasjoki	2	75	106	0%	0%	0%
Parikkala**	-	-	-	-	-	-
Borgnäs	1	58	58	0%	0%	0%
Borgå	25	112	864	16%	12%	8%
Buckila**	-	-	-	-	-	-
Pyttis	3	99	189	0%	0%	0%
Pälkäne	11	104	768	9%	9%	9%
Riihimäki	14	48	204	7%	0%	0%
Ruokolahti	-	-	-	-	-	-
Ruovesi	-	-	-	-	-	-
Savitaipale	4	122	192	0%	0%	0%
Sjundeå	4	60	100	0%	0%	0%
Sodankylä	7	110	304	29%	14%	0%
Taipalsaari	4	82	128	0%	0%	0%
Tammela	2	30	33	0%	0%	0%
Tammerfors	54	79	680	11%	9%	4%
Tohmajärvi**	-	-	-	-	-	-
Virolahti	2	40	70	0%	0%	0%
Ylöjärvi	6	120	542	17%	17%	17%
Samtliga daghem där mätningar gjorts	482	81	2,426	13%	8%	4%

* I tabellen är de kommuner (n=11) där inga radonmätningar i daghem gjordes under mätperioden 2014–2015 märkta med " - "

** I fyra kommuner (Humppila, Parikkala, Buckila och Tohmajärvi) hade radonhalten mätts redan tidigare vid fyra daghem som var kallade till kartläggningen. Av dessa krävdes inga nya mätningar under mätperioden 2014–2015.

*** I ett daghem har radonhalten beräknats som medelvärde för resultaten från olika mätpunkter (om flera).

14 Separate projects

14.1 Radon in nurseries

As part of the environmental radiation monitoring programme and the focused radon monitoring at workplaces, a nursery radon monitoring project was implemented in municipalities with a high indoor air radon concentration. Nearly one thousand nurseries were identified at these locations. The goal was to decrease the radon exposure of small children and employees working at nurseries. Radon measurements had been omitted in approximately 60% of the nurseries, which means that there was a real need for information concerning the obligation for measuring radon at workplaces. On average, the radon concentrations at the measured nurseries were low (81 Bq/m³) (Table 14.1.). The radon concentration exceeded the reference level of 400 Bq/m³ in approximately 4% of the measurement points. In these cases, STUK issued orders to reduce the radon concentration or to carry out further investigations. The radon concentration for over one hundred nurseries under the measurement obligation

remained unknown, and STUK is continuing the intensified monitoring of these nurseries. The results of measurement for each nursery can be viewed on STUK's website on the page Päiväkotien radonpitoisuudet (Radon concentrations at nurseries, Finnish only).

The nurseries where the reference level of 400 Bq/m³ was exceeded even at a single measurement point, were asked to report the number of children. The total number was 599, varying between 6 and 90 per location. If a nursery reported that the action level was exceeded at a measurement point where there are no children (two locations), the number of children at the nursery in question was not taken into account. Radiation dose is accumulated throughout a person's lifetime, which means that it is important to protect children against radon exposure.

Contact person: Katja Kojo, Radiation and Nuclear Safety Authority (katja.kojo@stuk.fi)

Table 14.1. Indoor radon concentrations in measured nurseries by municipality during the measurement period 2014–2015. The table includes all municipalities with a high radon concentration.

Municipality*	Number of measured nurseries within the municipality	Radon concentration for all nurseries within the municipality***		Nurseries where the results from at least one measurement point exceed		
		average Bq/m ³	maximum Bq/m ³	200 Bq/m ³	300 Bq/m ³	400 Bq/m ³
Asikkala	5	146	411	20%	20%	20%
Askola	-	-	-	-	-	-
Enontekiö	4	59	131	0%	0%	0%
Hamina	10	50	171	0%	0%	0%
Hattula	-	-	-	-	-	-
Hausjärvi	6	49	214	17%	0%	0%
Heinola	1	2	2	0%	0%	0%
Hollola	12	215	2,426	8%	8%	8%
Humppila**	-	-	-	-	-	-
Hyvinkää	15	155	699	33%	20%	7%
Hämeenkoski	1	11	11	0%	0%	0%
Hämeenlinna	2	73	104	0%	0%	0%
Iitti	6	81	295	17%	17%	0%
Imatra	7	49	255	14%	0%	0%
Janakkala	10	46	155	0%	0%	0%
Järvenpää	31	62	398	16%	10%	0%
Kajaani	28	32	210	4%	4%	4%
Kangasala	9	78	287	11%	0%	0%
Kauniainen	1	68	68	100%	0%	0%

Municipality*	Number of measured nurseries within the municipality	Radon concentration for all nurseries within the municipality***		Nurseries where the results from at least one measurement point exceed		
		average Bq/m ³	maximum Bq/m ³	200 Bq/m ³	300 Bq/m ³	400 Bq/m ³
Kitee	1	52	52	0%	0%	0%
Kittilä	7	96	474	14%	14%	14%
Kivijärvi	1	221	221	100%	0%	0%
Kolari	-	-	-	-	-	-
Kotka	31	59	333	13%	3%	0%
Kouvola	8	55	173	0%	0%	0%
Kuhmoinen	1	21	21	0%	0%	0%
Kärkölä	1	42	42	0%	0%	0%
Lahti	40	83	712	13%	10%	5%
Lapinjärvi	-	-	-	-	-	-
Lappeenranta	36	55	192	8%	6%	3%
Lemi	2	7	8	0%	0%	0%
Lempäälä	7	41	88	0%	0%	0%
Loppi	2	34	67	0%	0%	0%
Loviisa	-	-	-	-	-	-
Luhanka	2	196	296	50%	0%	0%
Luumäki	2	29	32	0%	0%	0%
Miehikkälä	3	181	215	33%	0%	0%
Myrskylä	1	163	163	100%	100%	100%
Mäntsälä	21	79	313	19%	19%	0%
Nastola	10	140	514	20%	20%	20%
Nokia	16	100	290	25%	0%	0%
Orimattila	3	168	332	33%	33%	0%
Padasjoki	2	75	106	0%	0%	0%
Parikkala**	-	-	-	-	-	-
Pornainen	1	58	58	0%	0%	0%
Porvoo	25	112	864	16%	12%	8%
Pukkila**	-	-	-	-	-	-
Pyhtää	3	99	189	0%	0%	0%
Pälkäne	11	104	768	9%	9%	9%
Riihimäki	14	48	204	7%	0%	0%
Ruokolahti	-	-	-	-	-	-
Ruovesi	-	-	-	-	-	-
Savitaipale	4	122	192	0%	0%	0%
Siuntio	4	60	100	0%	0%	0%
Sodankylä	7	110	304	29%	14%	0%
Taipalsaari	4	82	128	0%	0%	0%
Tammela	2	30	33	0%	0%	0%
Tampere	54	79	680	11%	9%	4%
Tohmajärvi**	-	-	-	-	-	-
Virolahti	2	40	70	0%	0%	0%
Ylöjärvi	6	120	542	17%	17%	17%
All measured nurseries	482	81	2,426	13%	8%	4%

* Those municipalities (n=11) where no radon measurements in nurseries were performed during the period 2014–2015 have been marked with “-”

** In four municipalities (Humppila, Parikkala, Pukkila and Tohmajärvi) nurseries invited to take part in the survey, the radon concentrations had already been measured earlier, and no new measurements were required during the period 2014–2015.

*** The radon concentration for a single nursery has been calculated as an average of the different points of measurement (where available).

LIITE 1

Ionisoivaan säteilyyn liittyviä keskeisiä suureita ja niiden yksiköitä

Aktiivisuus

Aineen radioaktiivisuutta määrällisesti kuvaava suure on aktiivisuus, jonka yksikkö on becquerel (Bq). Lähteen tai aineen aktiivisuus on 1 Bq, kun siinä tapahtuu keskimäärin yksi radioaktiivinen hajoaminen sekunnissa.

Aktiivisuuspitoisuus

Mitattaessa radioaktiivisten aineiden aktiivisuutta tilavuus- tai painoyksikköä kohden kaasuissa, nesteissä tai kiinteissä aineissa käytetään suuretta aktiivisuuspitoisuus, jonka yksikkö voi olla Bq/m³, Bq/l tai Bq/kg.

Säteilyannos

Säteilyannoksella tarkoitetaan yleisesti sitä energiamäärää, jonka säteily jättää kohdeaineeseen sen painoyksikköä kohti. Tässä raportissa käytettävällä säteilyannoksella tarkoitetaan kuitenkin ns. efektiivistä säteilyannosta, joka kuvaa sitä terveysriskiä (lähinnä syöpäriskiä), jonka ihmiseen kohdistuva säteily aiheuttaa. Efektiivisen annoksen yksikkö on sievert (Sv). 1 Sv vastaa noin 5 % todennäköisyyttä saada elinaikana säteilystä aiheutunut syöpä. Käytännössä käytetään sievertin tuhannesosaa, millisievert (mSv) tai sievertin miljoonasosaa, mikrosievert (μSv). Jos ihminen saa mistä tahansa säteilylähteestä 1 mSv efektiivisen säteilyannoksen, on hänellä noin 0,005 % todennäköisyys saada tästä aiheutuva syöpä elinaikanaan. Koska suomalaisia on noin 5,4 miljoonaa ja heidän keskimääräinen ionisoivasta säteilystä saama annos on 3,2 mSv vuodessa, tarkoittaa se, että ionisoiva säteily aiheuttaa Suomessa noin 900 syöpätapausta vuosittain.

Puoliintumisaika

Koska radioaktiivinen aine hajoaa itsestään toiseksi alkuaineeksi, sen määrä jatkuvasti pienenee, ellei sitä synny lisää jonkin toisen radioaktiivisen aineen hajoamistuotteena tai ellei sitä synnytetä keinotekoisesti. Jokaisella radioaktiivisella aineella on oma keskimääräinen nopeutensa, jolla se hajoaa. Puoliintumisajalla tarkoitetaan sitä aikaa, joka kuluu radioaktiivisen aineen määrän (ja samalla aktiivisuuden) vähenemiseen puoleen alkuperäisestä.

BILAGA 1

Joniserande strålning, dess viktigaste storheter och deras enheter

Aktivitet

Mängd av ett radioaktivt ämne beskrivs med dess aktivitet. Aktivitetens enhet är becquerel (Bq). Ämnets aktivitet är 1 Bq, när det händer i genomsnitt ett radioaktivt sönderfall per sekund.

Aktivitetskoncentration

Mängd av ett radioaktivt ämne i gaser, vätskor eller fasta ämnen uppges som en aktivitetskoncentration, vilkens enhet kan vara Bq/m³, Bq/l eller Bq/kg.

Stråldos

Stråldos betyder den mängd energi som strålning lämnar i målmaterialet per viktenhet. Stråldos, som används i denna rapport, betyder dock den så kallade effektiva dosen, vilket indikerar den hälsorisk (främst risken för cancer), som strålningen orsakar på människor. Enheten för effektiv dos är sievert (Sv). 1 Sv motsvarar cirka 5% risk för att få cancer från strålning under livstid. I praktiken används tusendels sievert, millisievert (mSv), eller miljondels sievert, mikrosieverts (µSv). Om en person får 1 mSv effektiv dos från en strålkälla, har han/hon ungefär 0,005% sannolikhet att få cancer under sin livstid. Eftersom det finns ungefär 5,4 miljoner finnar och deras genomsnittliga stråldos från joniserande strålning är 3,2m Sv per år, betyder det att joniserande strålning orsakar i Finland årligen ungefär 900 cancerfall.

Halveringstid

Eftersom det radioaktiva ämnet av sig själv sönder ned till andra element, dess mängd kontinuerligt minskas, om det inte är en sönderfallsprodukt av ett annat radioaktivt ämne eller om det inte skapas konstgjort. Varje radioaktivt ämne har sin egen genomsnittliga sönderfallshastighet. Halveringstid betyder den tid som förflyter när den mängd radioaktivt ämne (och därmed aktivitet) minskar till hälften av den ursprungliga mängden.

APPENDIX 1

Ionising radiation, the key parameters and their units

Activity

Quantity of a radioactive material is described by its activity. The unit of activity is becquerel (Bq). Activity of a radioactive material is 1 Bq, when there happens, as an average, one radioactive decay per second.

Activity concentration

Quantity of a radioactive material per unit volume or weight of gases, liquids or solids is given in general as an activity concentration. Concentration unit can be Bq/m³, Bq/l or Bq/kg.

Radiation dose

Radiation dose refers generally to the amount of energy left by radiation in the target material per its unit weight. In this report the radiation dose means, however, the so-called effective dose, which indicates the health risk (mainly the risk of cancer) caused by radiation on humans. Unit of effective dose is sievert (Sv). 1 Sv corresponds to about 5% likelihood to get a radiation induced cancer. In practice thousandth of sievert, millisieverts (mSv), or millionth of sievert, microsievert (μSv), are used. If a person receives 1 mSv effective dose from any source of radiation, he/she has approximately of 0.005% probability of getting a cancer as the result of this dose during his/her lifetime. Since there are some 5.4 million inhabitants in Finland and their average dose from ionizing radiation is 3.2 mSv per year, it means that ionizing radiation causes in Finland some 900 cancer incidents annually.

Half-life

Since the radioactive substance decays naturally to another element, its amount declines continuously, if it is not a decay product of other radioactive substance, or if it is not created artificially. Each radioactive substance has its own average speed at which it decays. Half-life means the time during which the amount of radioactive substance (and thus the activity) lessens to half of the original amount.

STUK-B-sarjan julkaisuja

STUK-B-rapporter

STUK-B reports

STUK-B 205 Finnish report on nuclear safety. Finnish 7th national report as referred to in Article 5 of the Convention on Nuclear Safety.

STUK-B 204 Vesterbacka P (toim.). Ympäristön säteilyvalvonta Suomessa. Vuosiraportti 2015. – Strålningsövervakning av miljön i Finland. Årsrapport 2015. – Surveillance of Environmental Radiation in Finland. Annual Report 2015.

STUK-B 203 Kainulainen E (ed.). Regulatory oversight of nuclear safety in Finland. Annual report 2015.

STUK-B 202 Pastila R (toim.). Säteilyn käyttö ja muu säteilylle altistava toiminta. Vuosiraportti 2015.

STUK-B 201 Kainulainen E (toim.). Ydinenergian käytön turvallisuusvalvonta. Vuosiraportti 2015.

STUK-B 200 Okko O (ed.). Implementing nuclear non-proliferation in Finland. Regulatory control, international cooperation and the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty. Annual report 2015.

STUK-B 199 Julin S (toim.). Varautuminen säteilytilanteisiin ja poikkeavat tapahtumat. Kolmannesvuosiraportti 3/2015.

STUK-B 198 Julin S (toim.). Varautuminen säteilytilanteisiin ja poikkeavat tapahtumat. Kolmannesvuosiraportti 2/2015.

STUK-B 197 STUK's review on the construction license stage post closure safety case of the spent nuclear fuel disposal in Olkiluoto.

STUK-B 196 STUK's statement and safety assessment on the construction of the Olkiluoto encapsulation plant and disposal facility for spent nuclear fuel.

STUK-B 195 Säteilyturvakeskuksen lausunto ja turvallisuusarvio Olkiluodon käytetyn ydinpolttoaineen

kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen rakentamisesta.

STUK-B 194 Pastila R (ed.). Radiation practices. Annual report 2014.

STUK-B 193 Järvinen V, Kaivola M, Ojanperä A, Tala M, Tarkkonen T. Kyselytutkimus toiminnan-harjoittajille säteilylainsäädännön uudistustarpeista.

STUK-B 192 Julin S (toim.). Varautuminen säteilytilanteisiin ja poikkeavat tapahtumat. Kolmannesvuosiraportti 1/2015

STUK-B 191 Kainulainen E (ed.). Regulatory oversight of nuclear safety in Finland. Annual report 2014.

STUK-B 190 Vesterbacka P (toim.). Ympäristön säteilyvalvonta Suomessa. Vuosiraportti 2014. – Strålningsövervakning av miljön i Finland. Årsrapport 2014. – Surveillance of Environmental Radiation in Finland. Annual Report 2014.

STUK-B 189 Pastila R (toim.). Säteilyn käyttö ja muu säteilylle altistava toiminta. Vuosiraportti 2014.

STUK-B 188 Julin S (toim.). Varautuminen säteilytilanteisiin ja poikkeavat tapahtumat. Kolmannesvuosiraportti 3/2014.

STUK-B 187 Kainulainen E (toim.). Ydinenergian käytön turvallisuusvalvonta. Vuosiraportti 2014.

STUK-B-raportit STUKin verkkosivuilla:
<http://www.stuk.fi/julkaisut/valvontaraportit>

STUK-B-rapporter på STUKs hemsidor:
<http://www.stuk.fi/web/sv/publikationer/myndighetsrapporter>

STUK-B reports on STUK's home pages:
<http://www.stuk.fi/web/en/publications/regulatory-reports>